

Melhoria da Eficiência Hídrica da Rede de Distribuição de Água do *Campus* do ISEC - Coimbra

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL -
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO URBANA**

AUTOR | Fernando José Campos Pinto

ORIENTADOR | Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira
Sousa

Coimbra, fevereiro, 2013

**Melhoria da Eficiência Hídrica da Rede de Distribuição de
Água do *Campus* do ISEC - Coimbra**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

Fernando José Campos Pinto

Orientador

Prof. Doutor Joaquim José de Oliveira Sousa
(DEC-ISEC)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Joaquim Sousa, pelo seu apoio, orientação científica, incentivo, dedicação, paciência, disponibilidade, convívio e amizade. Um Muito Obrigado.

Agradeço aos órgãos de gestão do ISEC, de entre os quais tenho de salientar a Presidência que autorizou e apoiou a realização deste estágio, e a todos os colegas de trabalho, com uma referência particular ao Miguel Coelho que me acompanhou e apoiou ao longo de todo o estágio.

À minha esposa Isabel, um agradecimento muito especial. Sem os pequenos sacrifícios adicionais a que se foi sujeitando ao longo de vários meses, libertando-me para conseguir elaborar este documento, teria tornado esta tarefa ainda mais difícil.

Ao Luís e ao Miguel, pela motivação e esperança que dão à minha vida, e por perceberem sempre que havia algo também importante a absorver algum do tempo do pai (e que quiseram tantas vezes reclamar para eles). Espero que o empenho, seriedade e dedicação que investi em todo o trabalho lhes sirva de estímulo na vida para fazerem “bem, mais e melhor”.

A todos os que nunca me negaram amor, amizade e inestimável apoio familiar. Aos meus sogros Ana e José, e em particular aos meus pais Maria e José, irmã Graça e irmão Eduardo.

Aos meus amigos e colegas do mundo académico, do trabalho e de outras vidas. Um abraço especial à Marta, à Luísa e ao Paulo, aos “maus”, ao Paulo Mata, ao João e ao Eduardo, ao Zé Carlos Oliveira e ao Francisco Jorge.

A todos, mais uma vez, os meus sinceros agradecimentos.

Fernando José Campos Pinto
Coimbra, fevereiro de 2013

RESUMO

Por definição, todos os recursos são escassos e limitados. Acontece precisamente isso com a água e com o dinheiro. É neste sentido que urge controlar os consumos de água, sensibilizar para o seu uso racional e encontrar as soluções que permitam reduzir o valor faturado.

O GTMI do ISEC, local onde foi realizado este estágio, percebeu que algo teria de ser feito rapidamente de modo a inverter a situação de grandes consumos de água que se verificavam.

Procedeu-se ao levantamento da rede e à sua caracterização. Fez-se a monitorização dos consumos, com especial ênfase nas horas noturnas.

Introduziram-se elementos na rede de modo a permitir definir zonamentos e mais rapidamente serem encontradas as anomalias existentes.

Identificaram-se fugas de água e procedeu-se às respetivas reparações.

Criou-se um ramal de abastecimento à “casa do guarda” com um contador independente.

Tornou-se operacional o furo existente. Prepararam-se empreitadas para permitir o fornecimento independente de água, diretamente do sistema público de abastecimento, aos bares e cantina do ISEC.

Estudou-se a possibilidade de, à exceção das zonas onde será impreterível o fornecimento de água potável, o abastecimento de água ter origem na captação própria e não com origem na rede pública (aguarda-se neste momento a decisão de colocar em prática esta opção).

O ISEC já teve consumos de água muito superiores aos atuais, em boa parte explicados pelo crescimento da sua comunidade. Mas, com o trabalho agora desenvolvido percebeu-se que não era essa a razão exclusiva e que poderiam ser concretizadas muitas ações de melhoria.

O presente já revela uma grande diminuição do consumo de água e da respetiva fatura. Muitas foram as ações postas em prática, que correspondiam à motivação base para a realização deste estágio, e que, sem dúvida, contribuíram de forma decisiva para aumentar a eficiência hídrica do ISEC.

Porém, este é um esforço que carece ser continuado. O trabalho não está concluído e nunca estará. A existência de comportamentos negligentes e o natural envelhecimento dos materiais originarão sempre novas perdas de água. A solução passa por haver sempre alguém e (com) os recursos necessários para identificar e corrigir as anomalias à medida que estas forem ocorrendo.

PALAVRAS CHAVE: controlo de perdas de água; monitorização de caudais noturnos; localização de fugas; zonamento da rede.

ABSTRACT

By definition, all resources are scarce and limited. It happens exactly the same with water and money. Hence, the need to control water consumption, sensibilization for its rational use and find solutions that permit a lower billed value, is urgent.

In the GMTI at ISEC, the place where this internship was accomplished, it was realized that something should be done quickly in order to revert the present situation of huge water consumption.

The water supply network was examined and characterized. The water consumptions was monitored, with special emphasis during the night.

Leaks were identified and repaired.

A new supply extension line was created to the "guard house" with an independent water meter.

The existing well was operationalized. Some works Will be needed to enable the independent supply, directly from the public system, to the bar and canteen of ISEC.

The possibility of using the well instead of the public water supply system, in all areas that do not need potable water, was studied. A decision on this matter is awaited at the present moment.

In the past ISEC observed water consumptions higher than nowadays. At the time, those consumptions were explained by the growth of its community. However, the present work showed that such explanation shouldn't be the only reason, and that improvement actions could be implemented.

Nowadays ISEC observes a considerable decrease in the water consumption and respective billing. The actions now implemented, which correspond to the original motivation to this internship, certainly contributed to increase ISEC water efficiency.

However, this effort must go on. The present work is not finished nor ever will be. The existence of negligent behaviors and the natural ageing of the materials will always enable the occurrence of water losses. The solution is to have someone and (with) the necessary resources to identify and repair the faults as they occur.

KEYWORDS: water loss control, night flow monitoring, leak location, district metering areas.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE QUADROS	XIII
ACRÓNIMOS	XV

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Motivação do estágio.....	1
1.2. Organização do relatório	1

CAPÍTULO 2 - IDENTIFICAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA

2.1. Contexto organizacional e localização geográfica.....	3
2.2. Evolução Histórica	5
2.3. Classificação e quantificação de consumos	11
2.4. Caraterização do Tarifário	13
2.5. Operação dos sistemas existentes	16
2.6. Caraterização dos sistemas existentes – Rede pública e captação própria.....	21
2.6.1. Elementos do sistema existente - com origem na rede pública	22
2.6.2. Elementos do sistema inicial - com origem em captação própria.....	23

CAPÍTULO 3 - PROPOSTAS DE MELHORIA PARA OS SISTEMAS

3.1. Propostas de melhoria - Sistema com origem na rede pública	27
3.1.1. Diminuição do Φ do contador	27
3.1.2. Abastecimento dos bares e da cantina através da construção de ramais independentes	28
3.1.3. Gestão de pressões	28
3.1.4. Melhor caraterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs	28
3.1.5. Monitorização dos consumos, em particular dos consumos noturnos	28
3.1.6. Sensibilização da comunidade para o problema	28
3.1.7. Identificação de fugas.....	29
3.1.8. Reparação de fugas.....	29
3.1.9. Identificação de descargas acidentais (autoclismos e torneiras)	29
3.2. Propostas de melhoria – Sistema com origem em captação própria.....	29

CAPÍTULO 4 - MELHORIAS CONCRETIZADAS NO SISTEMA E RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Melhorias Concretizadas – Sistema com origem na rede pública	31
4.1.1. Diminuição do Φ do contador o	31
4.1.2. Abastecimento dos bares e da cantina através da construção de ramais independentes	32
4.1.3. Gestão de pressões	32
4.1.4. Melhor caraterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs	33

4.1.4. Melhor caracterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs	33
4.1.5. Monitorização dos consumos, em particular dos consumos noturnos	34
4.1.6. Sensibilização da comunidade para o problema	35
4.1.7. Localização de fugas na rede de distribuição de água	35
4.1.8. Reparação de fugas	39
4.1.9. Identificação de descargas acidentais (autoclismos e torneiras)	42
4.2. Melhorias Concretizadas – Sistema com origem em captação própria	42
4.2.1. Substituição de equipamento danificado ou avariado	42
4.2.2. Limpeza da captação própria	43
4.2.3. Redefinição de setores dos jardins	44
4.2.4. Sensibilização para um custo menor na utilização de água com proveniência em captação própria	44
4.2.5. Reformulação da rede de abastecimento interna	45

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Anexo I - Peças Escritas	53
Anexo II - Peças Desenhadas	57
Anexo II.1 - Planta geral da rede de distribuição de água do <i>campus</i> do ISEC	59
Anexo II.2 - Planta do sistema de rega dos jardins	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Organigrama do IPC	3
Figura 2.2: Imagem aérea do atual <i>campus</i> do ISEC (“bing maps”)	4
Figura 2.3: Enquadramento do ISEC na zona urbana de Coimbra	4
Figura 2.4: Projeto inicial de construção do “Instituto Industrial de Coimbra”	6
Figura 2.5: Vista parcial do ISEC.....	7
Figura 2.6: Modelação 3D do <i>campus</i> do ISEC	7
Figura 2.7: Planta geral do <i>campus</i> do ISEC.....	8
Figura 2.8: Ampliação do edifício administrativo	8
Figura 2.9: Ampliação do edifício do DEQB	9
Figura 2.10: Ampliação do edifício do DEC	9
Figura 2.11: Ampliação do edifício do DEM	10
Figura 2.12: Edifício do auditório	10
Figura 2.13: Edifício de eletromecânica.....	11
Figura 2.14: Edifício interdisciplinar.....	11
Figura 2.15: Consumos mensais do <i>campus</i> do ISEC (2011 e 2012).....	13
Figura 2.16: Tarifário praticado no ano 2012 pela empresa Águas de Coimbra	14
Figura 2.17: Exemplo de fatura de água do ISEC	15
Figura 2.18: Exemplo de folha de registo de leituras do contador de água.	17
Figura 2.19: Análises plurianuais dos dados de leituras e faturas (2004 a 2007)	18
Figura 2.20: <i>Datalogger</i> instalado pela ISA para monitorizar os consumos.	19
Figura 2.21: Página da plataforma iWater da ISA para consulta dos dados sobre consumo.	19
Figura 2.22: Exemplo de tabela com consumos registados (valores horários).....	20
Figura 2.23: Planta esquemática da rede de distribuição de águas do <i>campus</i> do ISEC	22
Figura 2.24: Localização da captação própria em planta topográfica.....	23
Figura 2.25: Planta do sistema de rega dos jardins.....	24
Figura 2.26: Edifício de apoio à captação própria.....	25
Figura 2.27: Autoclave.....	25
 Figura 4.1: Contador após a substituição.....	 32
Figura 4.2: Válvula redutora de pressão, com pressão de saída fixa	33
Figura 4.3: Nó comum a duas malhas, dotado de três válvulas de seccionamento.....	33
Figura 4.4: Nó com duas caixas de visita para albergar válvulas de seccionamento.....	33
Figura 4.5: Ferramentas de apoio aos trabalhos de levantamento de tampas de caixas de visita e fecho de válvulas	34
Figura 4.6: Exemplos de ocorrência de consumos noturnos anómalos (03-01-2013)	35
Figura 4.7: Nó após a reparação de fuga	36
Figura 4.8: Caixa de entrada da rede com origem na rede pública	37
Figura 4.9: Equipamento para localização de fugas Mikron (versão combinada)	38
Figura 4.10: Mikron para escuta direta na conduta, em ramais, válvulas, bocas-de-incêndio, outros	38
Figura 4.11: Mikron para escuta indireta em solos e pavimentos.	39
Figura 4.12: Nota de encomenda correspondente à contratação de serviços de reparação de três fugas de água	40
Figura 4.13: Abertura de caixa até se encontrar a tubagem da rede de água	40
Figura 4.14: Confirmação da rotura	40
Figura 4.15: Material (acessórios) utilizado na reparação	41
Figura 4.16: Reparação efetuada	41

Figura 4.19: Tubagem reparada	41
Figura 4.20: Propostas de requisição de aquisição de material para o sistema alimentado por captação própria.	43
Figura 4.21: Extrato do relatório de limpeza efetuada ao furo	44

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Consumos mensais do <i>campus</i> do ISEC (2011 e 2012)	12
Quadro 2.2: Faturação mensal do ISEC nos anos de 2011 e 2012	16
Quadro 2.3: Resumo dos troços, materiais e diâmetros da rede inicial do sistema de rega dos jardins	26

ACRÓNIMOS

CET - Cursos de Especialização Tecnológica
DEC – Departamento de Engenharia Civil
DEE - Departamento de Engenharia Eletrotécnica
DEIS – Departamento de Engenharia Informática e de Sistemas
DEM - Departamento de Engenharia Mecânica
DEQB - Departamento de Engenharia Química e Biologia
EEM – Edifício de Eletromecânica
GTMI – Gabinete Técnico de Manutenção das Instalações
IPC – Instituto Politécnico de Coimbra
ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
PE – Polietileno
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PVC – Policloreto de Vinilo
S/E – Sem escala
ZMC – Zona de Medição e Controlo

1. INTRODUÇÃO

1.1. Motivação do estágio

O autor deste relatório é, há alguns anos, funcionário do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra - ISEC e, desde o primeiro dia, no Departamento de Engenharia Civil - DEC, onde iniciou funções, até hoje, no Gabinete Técnico de Manutenção das Instalações - GTMI, a atividade desenvolvida sempre teve algum relacionamento com a Hidráulica.

O ambiente, a gestão de recursos e a economia estão relacionados. Um gabinete de manutenção tem todos esses fatores em consideração, sobretudo, em tempo de austeridade, quando a contenção de custos impera, é indispensável identificar e introduzir soluções de melhoria visando encontrar alternativas ou opções que propiciem ganhos de eficiência e redução de custos.

No Mestrado em Engenharia Civil, Especialização em Construção Urbana, uma das unidades curriculares que frequentou foi Hidráulica Urbana, cujo programa lecionado continha conteúdos específicos que poderia pôr em prática com o intuito de introduzir melhorias à atual rede de distribuição de água do *campus* do ISEC, de modo a torná-la mais eficiente.

“Juntar o útil ao agradável” foi o passo natural. Ter a oportunidade de, durante o estágio, melhorar a atual rede de distribuição de água do *campus* do ISEC, pondo em prática os vários conhecimentos adquiridos em várias unidades curriculares e experiências, pareceu algo de irrecusável.

1.2. Organização do relatório

Este relatório de estágio está estruturado em cinco capítulos, que se descrevem em síntese.

Capítulo 1

Corresponde à introdução. Enquadra-se a motivação, o objetivo do estágio e explica-se como está organizado o presente relatório.

Capítulo 2

Localiza-se geograficamente o ISEC e explica-se de que modo a sua evolução histórica se repercutiu no traçado da atual rede de distribuição de água. Caraterizam-se os seus consumos e os custos associados. Explica-se, ainda, a evolução na metodologia de registo de consumos e qual a sua utilidade. Faz-se a caraterização das redes de distribuição de água com origem na rede pública e em captação própria.

Capítulo 3

Corresponde a um descritivo de propostas de melhoria a implementar, tanto na rede com origem na rede pública como na rede com origem na captação própria.

Capítulo 4

Na sequência do capítulo anterior, neste capítulo apresenta-se o modo como as medidas foram concretizadas, ou em que fase se encontram, e os respetivos resultados obtidos.

Capítulo 5

Apresentam-se algumas conclusões sobre a utilidade do estágio. De que modo é que este estágio contribuiu para atingir o fim proposto e como o que foi aprendido e aplicado influenciará intervenções futuras.

2. IDENTIFICAÇÃO E CARATERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA

2.1. Contexto organizacional e localização geográfica

O ISEC é uma das unidades orgânicas (escolas) que compõe o Instituto Politécnico de Coimbra - IPC.

Do ponto de vista organizacional, o organograma apresentado na Figura 2.1 permite compreender como se constitui o IPC, podendo-se observar o posicionamento do ISEC nessa estrutura.

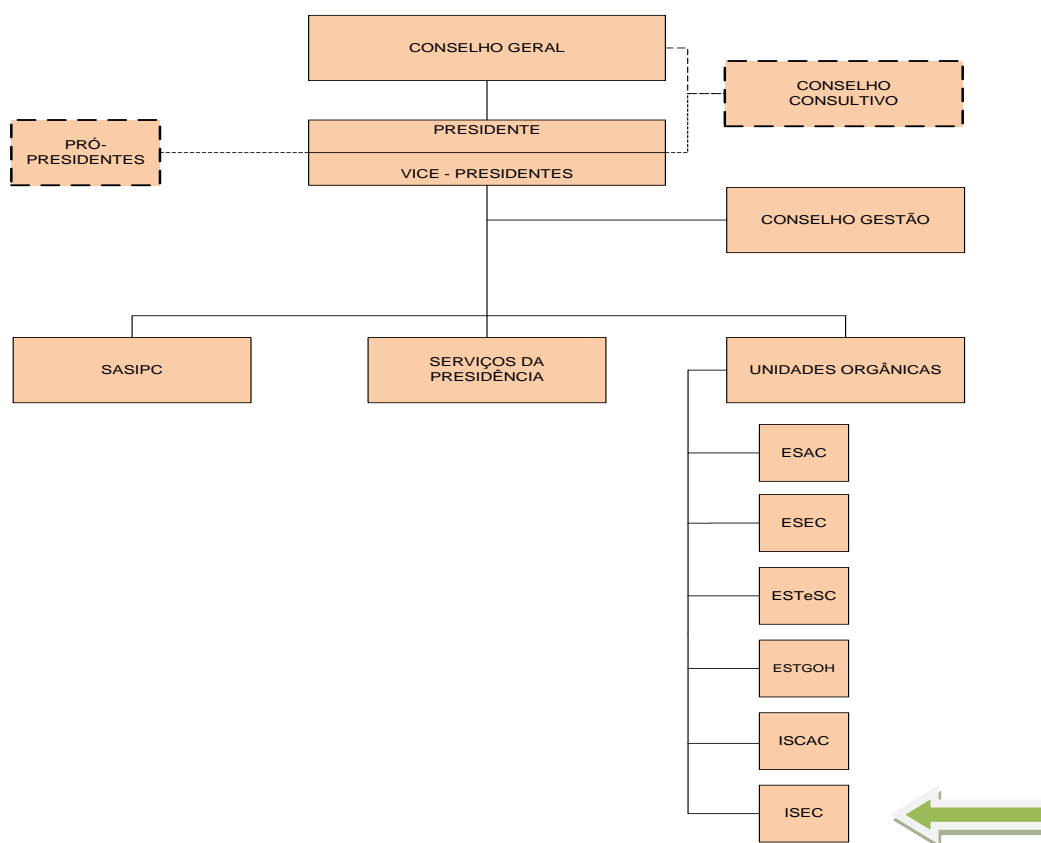


Figura 2.1: Organograma do IPC.

O *campus* do ISEC compreende uma área ligeiramente superior a 5 hectares, nomeadamente 50044,6 m², com uma cota topográfica média próxima dos 40m. (Figura 2.2).



Figura 2.2: Imagem aérea do atual *campus* do ISEC (Adaptado de Bing Maps, 2012).

Localiza-se na zona urbana de Coimbra, na margem direita do rio Mondego, a sudeste da zona histórica da cidade (Figura 2.3).

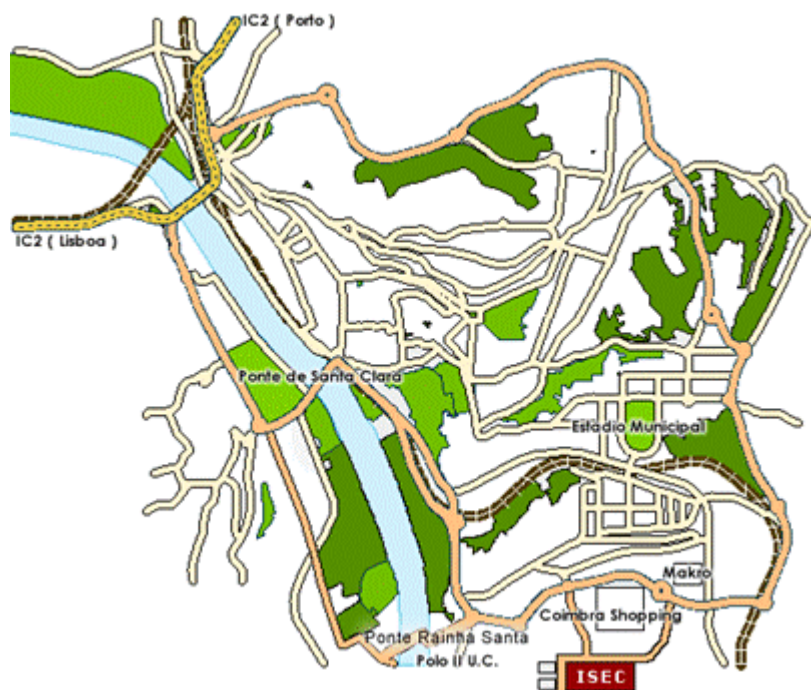


Figura 2.3: Enquadramento do ISEC na zona urbana de Coimbra.

2.2. Evolução histórica

“O Instituto Superior de Engenharia de Coimbra foi criado a 31 de Dezembro de 1974 pelo Decreto-Lei nº830/74. Atualmente é uma Unidade Orgânica do IPC - Instituto Politécnico de Coimbra, tendo sido integrado no Ensino Superior Politécnico através do Decreto-Lei nº389/88, de 25 de Outubro.”

Através do Decreto-Lei n.º 46547 criou-se o Instituto Industrial de Coimbra, onde inicialmente foram ministrados os cursos de “Civil”, “Electrotecnia e Máquinas” e de “Química Laboratorial e Industrial”.

Naturalmente que nesses dias era muito diferente a ocupação do espaço do *campus*. Havia menos edifícios e o número total de utilizadores era inferior a 10% do atual.

Coerentemente com os edifícios e a população, assim os traçados e dimensionamentos obedeceram às necessidades dessa época.

Após a criação e lecionação de cursos adicionais, entre outros, em 1989, o curso de bacharelato em Engenharia Informática e de Sistemas e, em 1991, o curso de bacharelato em Engenharia Electromecânica, com um grande aumento de alunos, houve necessidade de construir edifícios adicionais para albergar a nova realidade. Com estas novas construções, e com as remodelações de outros edifícios já existentes, procedeu-se à adequação e expansão das infraestruturas.

A alteração da Lei de Bases do Sistema Educativo, Lei n.º 115/97, de 19 de Setembro, criou, para o ano letivo de 1998/99, seis licenciaturas bietápicas: Engenharias Civil, Mecânica, Electrotécnica, Electromecânica, Química e Informática e de Sistemas.

Mais recentemente, no ano letivo de 2006/2007, entrou em funcionamento novo curso, Engenharia Biológica, e, no seguinte, 2007/2008, mais dois, Engenharia Biomédica e Engenharia e Gestão Industrial.

Em síntese, a comunidade permanente do ISEC compreende para o ano letivo 2012/13:

- 3381 alunos inscritos;
- 229 docentes;
- 91 funcionários não docentes,

que se distribuem pelas nove licenciaturas de acordo com a Declaração de Bolonha, vários Cursos de Especialização Tecnológica – CET, Mestrados e variadas atividades culturais, didáticas e lúdicas.

A imagem apresentada na Figura 2.4 foi recolhida nos arquivos do ISEC. O *dossier* que a continha intitulava-se “projecto” e tinha a data de Maio de 1969.



Figura 2.4: Projeto inicial de construção do “Instituto Industrial de Coimbra”.

O conjunto de edificações inicialmente construído resumia-se a:

- Edifício administrativo;
- Edifício dos gerais;
- Edifício de engenharia civil;
- Edifício de engenharia mecânica, oficinas de mecânica e fundição;
- Edifício de engenharia química.

Com esta constituição, o ISEC tinha o aspeto que se mostra na Figura 2.5.



Figura 2.5: Vista parcial do ISEC (Adaptado de encontrogeracoes, 2012).

A atual realidade é muito diferente. Nas últimas décadas houve grandes alterações no que à quantidade, distribuição e organização de estruturas edificadas diz respeito, obrigando a alterações na localização e dimensão das redes, tornando-as mais complexas e descontroladas. Há situações em que simplesmente não há plantas cadastrais.

Na dinâmica de crescimento do ISEC, em resposta às exigências e necessidades, houve muitas alterações ao espaço construído, conforme se pode confirmar nas Figuras 2.6 e 2.7.

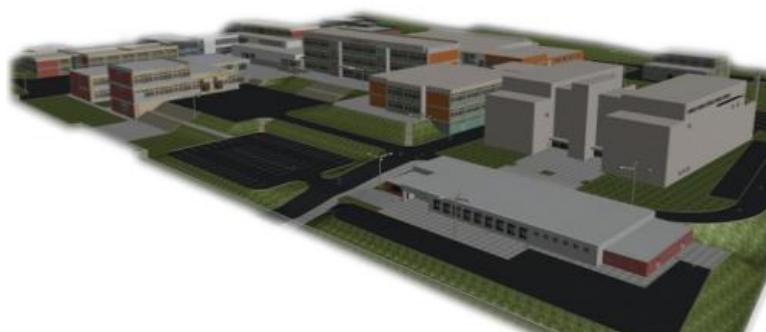


Figura 2.6: Modelação 3D do *campus* do ISEC. (Adaptado de Gaspar , 2012).

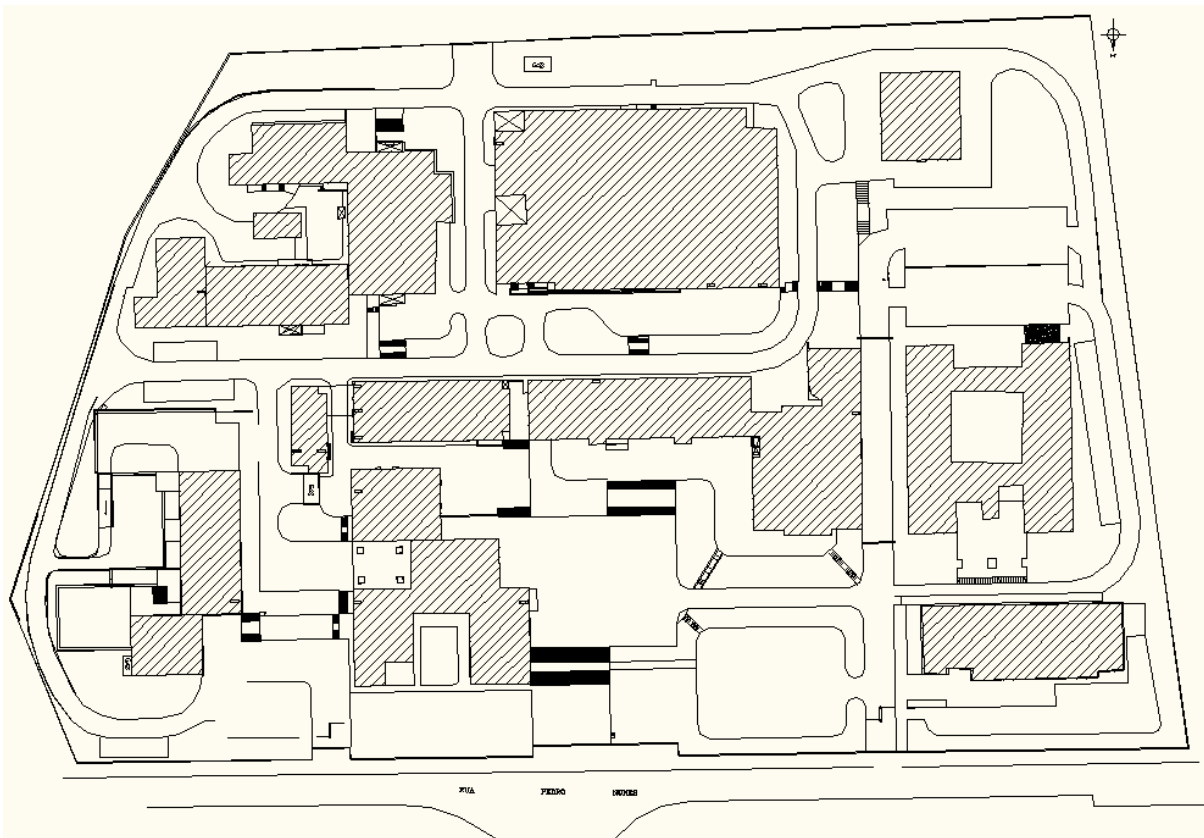


Figura 2.7: Planta geral do *campus* do ISEC.

Os edifícios construídos inicialmente mantêm-se, tendo sido alguns deles alvo de ampliação.

Foi ampliado no ano de 2001 a zona do bar e no ano 2003 a zona dos serviços financeiros, ambas as zonas pertencentes ao edifício administrativo (Figura 2.8).



Figura 2.8: Ampliação do edifício administrativo.

Já no ano de 2005, ampliaram-se os edifícios dos departamentos:

de engenharia química e biológica – DEQB (figura 2.9) e
de engenharia eletrotécnica.



Figura 2.9: Ampliação do edifício do DEQB.

Há 15 anos, no ano de 1997, foi a vez dos edifícios dos departamentos de engenharia civil – DEC (Figura 2.10) e; engenharia mecânica – DEM (Figura 2.11).



Figura 2.10: Ampliação do edifício do DEC.



Figura 2.11: Ampliação do edifício do DEM.

Houve ainda lugar a novas construções, de que são exemplos o edifício do auditório, cuja construção foi iniciada em 1992 (Figura 2.12), o edifício da eletromecânica, cuja construção foi iniciada em 1995 (Figura 2.13), e o edifício interdisciplinar (Departamento de Engenharia Informática e Sistemas - DEIS e Biblioteca), cuja construção foi iniciada em 1999 (Figura 2.14).



Figura 2.12: Edifício do auditório.



Figura 2.13: Edifício de eletromecânica.



Figura 2.14: Edifício interdisciplinar.

2.3. Classificação e quantificação de consumos

Todo o consumo de água que acontece dentro do *campus* do ISEC tem duas possíveis proveniências:

1. AC, Águas de Coimbra, E.E.M. – empresa municipal que gere o sistema público de abastecimento de água;

2. Captação própria, localizado dentro do *campus*, na zona Poente.

Identificam-se como principais pontos de consumo com origem na rede pública:

1. a cantina;
2. os bares;
1. as instalações sanitárias;
2. os laboratórios.

A água da captação própria ainda só tem como destino a rega e limpezas exteriores (arruamentos e fachadas dos edifícios), sendo portanto um consumo sazonal.

Neste momento (ainda) não é possível caracterizar o consumo por edifício. Pensa-se num futuro próximo instalar contadores nos ramais de ligação aos edifícios, de modo a poder quantificar-se os consumos de cada um e facilitar a identificação de eventuais anomalias nas respetivas redes interiores.

No Quadro 2.1 e na Figura 2.15 apresenta-se um resumo dos consumos mensais reais de água da totalidade do *campus* do ISEC nos anos de 2011 e 2012.

Mês	Consumo em 2011 (m ³)	Consumo em 2012 (m ³)
Janeiro	766,76	589,59
Fevereiro	647,77	523,05
Março	681,60	751,75
Abril	431,68	500,04
Maio	704,37	541,20
Junho	700,62	498,30
Julho	622,99	470,55
Agosto	280,26	129,88
Setembro	577,82	344,09
Outubro	750,12	607,99
Novembro	907,03	521,53
Dezembro	722,28	406,13
Consumo Médio Mensal	649,44	490,34

Quadro 2.1: Consumos mensais do *campus* do ISEC (2011 e 2012).

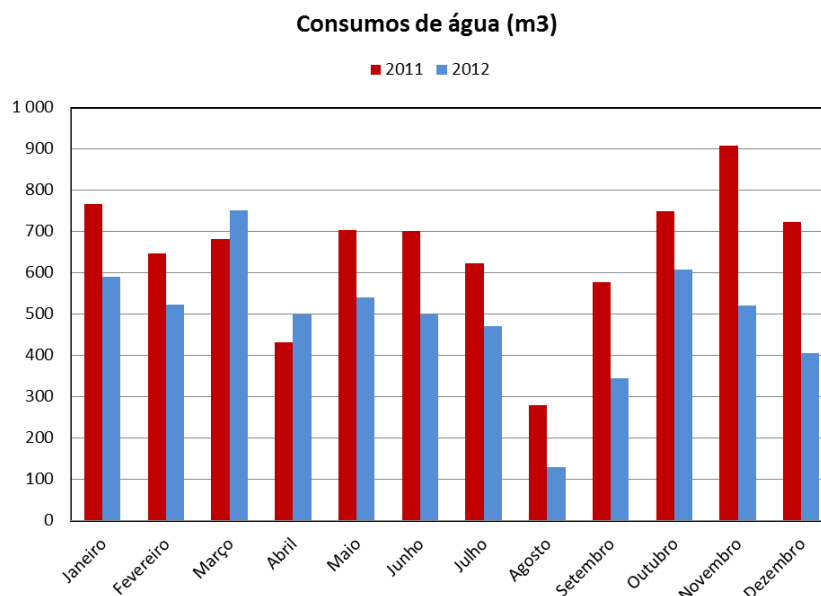


Figura 2.15: Consumos mensais do *campus* do ISEC (2011 e 2012).

Da análise destes valores destaca-se a observação de uma grande variabilidade do consumo nos diferentes meses do ano. No mês de agosto o consumo é manifestamente inferior ao habitual, sendo consequência das férias escolares, que conduzem à permanência de um menor número de pessoas no *campus*. Além disso, a cantina do ISEC também se encontra fechada no mês de agosto. As aulas para os alunos do 1º ano começam apenas no fim de setembro e as aulas laboratoriais raramente se iniciam antes de outubro. Todas estas situações, assim como outras de natureza idêntica – férias da Páscoa e de Natal, acabam por se refletir nos respetivos consumos mensais apresentados.

2.4. Caracterização do tarifário

Para a entidade gestora do sistema público de abastecimento de água – Águas de Coimbra, o ISEC é um cliente “não doméstico” do tipo “restantes serviços públicos”. Para os clientes “não domésticos”, o tarifário é plano, isto é, as tarifas aplicadas são independentes da quantidade de água consumida, e no caso de clientes do tipo “restantes serviços públicos” essas tarifas são de 2,4258€/m³ de água consumida e de 81% desse valor (1,9649€/m³) para o saneamento de águas residuais (Figuras 2.16 e 2.17). A estes valores acrescem ainda as taxas de recursos hídricos - TRH, que são de 0,0262€/m³ para a água e de 0,0072€/m³ para o saneamento. Em termos globais, os serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais custa ao ISEC 4,4241€/m³ de água consumida no *campus*, ao que acresce ainda o IVA à taxa de 6%.



TARIFÁRIO
A praticar pela AC, Águas de Coimbra, E.E.M., a partir de 01 de Janeiro de 2012

ABASTECIMENTO DE ÁGUA		SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS	
TARIFA FIXA (por 30 dias)		TARIFA FIXA (por 30 dias)	
NÍVEIS DOMÉSTICOS	€/ Mês	DOMÉSTICOS	€/ Mês
≤ 25 mm	4,100	TARIFA SOCIAL	0,000
> 25 mm	Igual aos Não Domésticos	NÃO DOMÉSTICOS	5,2583
TARIFA SOCIAL	0,000	INSTITUIÇÕES DE SOLIDARIEDADE SOCIAL	5,2583
NÍVEIS NÃO DOMÉSTICOS	€/ Mês	TARIFA VARIÁVEL (por 30 dias)	€
A1 ≤ 20 mm	6,600	DOMÉSTICOS e TARIFA SOCIAL	72%(Cv A)
>20 ≤ 30 mm	15,375	INSTITUIÇÕES DE SOLID. SOCIAL	72%(Cv A)
>30 ≤ 50 mm	41,525	NÃO DOMÉSTICOS	8%(CvA)
>50 ≤ 100 mm	115,4048	Em que (Cv A) é :	
>100 ≤ 300 mm	219,2690	Componente Variável do Abastecimento de Água (Valor do Consumo de Água)	
TARIFA VARIÁVEL (por 30 dias)		OUTRAS TARIFAS	
DOMÉSTICOS	€/ m³	INSTALAÇÃO, SUBST. OU RENOVAÇÃO DE RAMAL DE ÁGUA	
0 - 5 m³	0,5498	A104,00 m de extensão	309,67 €
6 - 15 m³	0,8086	Por acréscimo de cada metro de extensão ou fração de metro	35,26 €
16 - 25 m³	1,672	INSTALAÇÃO, SUBST. OU RENOVAÇÃO DE RAMAL de SANEAMENTO	
> 25 m³	2,4258	A104,00 m de extensão	419,02 €
TARIFA ESPECIAL FAMILIAR	€/ m³	Por acréscimo de cada metro de extensão ou fração de metro	40,37 €
0 - 5 m³	0,5498	TARIFA DE VAZAMENTO DE FOSSAS SÉPTICAS	
> 5 m³	0,8086	FIXA	
TARIFA SOCIAL	€/ m³	DOMÉSTICOS	70,00 €
0 - 15 m³	0,5498	NÃO DOMÉSTICOS	70,00 €
> 15 m³	Igual aos Domésticos	VARIÁVEL	
NÃO DOMÉSTICOS	€/ m³	DOMÉSTICOS	0,2874 €/m³
Comércio, Indústria e Serviços	1,2938	NÃO DOMÉSTICOS	0,8643 €/m³
Hospitais e Centros de Saúde	1,672	AFERIÇÃO DE CONTADOR	47,37 €
Restantes Serviços Públicos	2,4258	COLOCAÇÃO DE CONTADOR	42,83 €
Escolas Públicas do Ensino Básico e Secundário	1,672	TRANSFERÊNCIA DE CONTADOR	42,83 €
Administração Local	1,2938	INTERRUPÇÃO	18,43 €
Águas de Coimbra	1,2938	REESTABELECIMENTO	18,43 €
Câmara Municipal de Coimbra	1,2938	REPARAÇÃO DE ROTURA JUNTO AO CONTADOR	25,00 €
Instituições de Utilidade Pública	1,2938	DESOBSTRUÇÃO DE RAMAL DOMICILIÁRIO DE SANEAMENTO	53,00 €
Instituições Religiosas	1,2938	DESOBSTRUÇÃO DAS REDES PREDIAIS DE SANEAMENTO	40,00 €
Associações sem Fins Lucrativos	1,2938	APRECIAÇÃO DE PROCESSO PREDIAL (Categoria 1)	50,00 €
Obras	1,672	APRECIAÇÃO DE PROCESSO PREDIAL (Categoria 2)	40,00 €
Tarifa Especial para Fins Agrícolas	3,2344	APRECIAÇÃO DE PROCESSO PREDIAL (Categoria 3)	70,00 €
Instituições de Solidariedade Social	0,8086	APRECIAÇÃO DE PROCESSO SIMPLIFICADO	10,00 €
TRH (Taxa de Recursos Hídricos) - Água	0,0282 €/m³	APRECIAÇÃO DE LOTEAMENTO	80,00 €
TRH (Taxa de Recursos Hídricos) - Saneamento	0,0072 €/m³	VISTORIA INTERMÉDIA	50,00 €
		VISTORIA FINAL / Por contador	85,00 €

Figura 2.16: Tarifário praticado no ano 2012 pela empresa Águas de Coimbra (Adaptado de Águas de Coimbra, 2012).

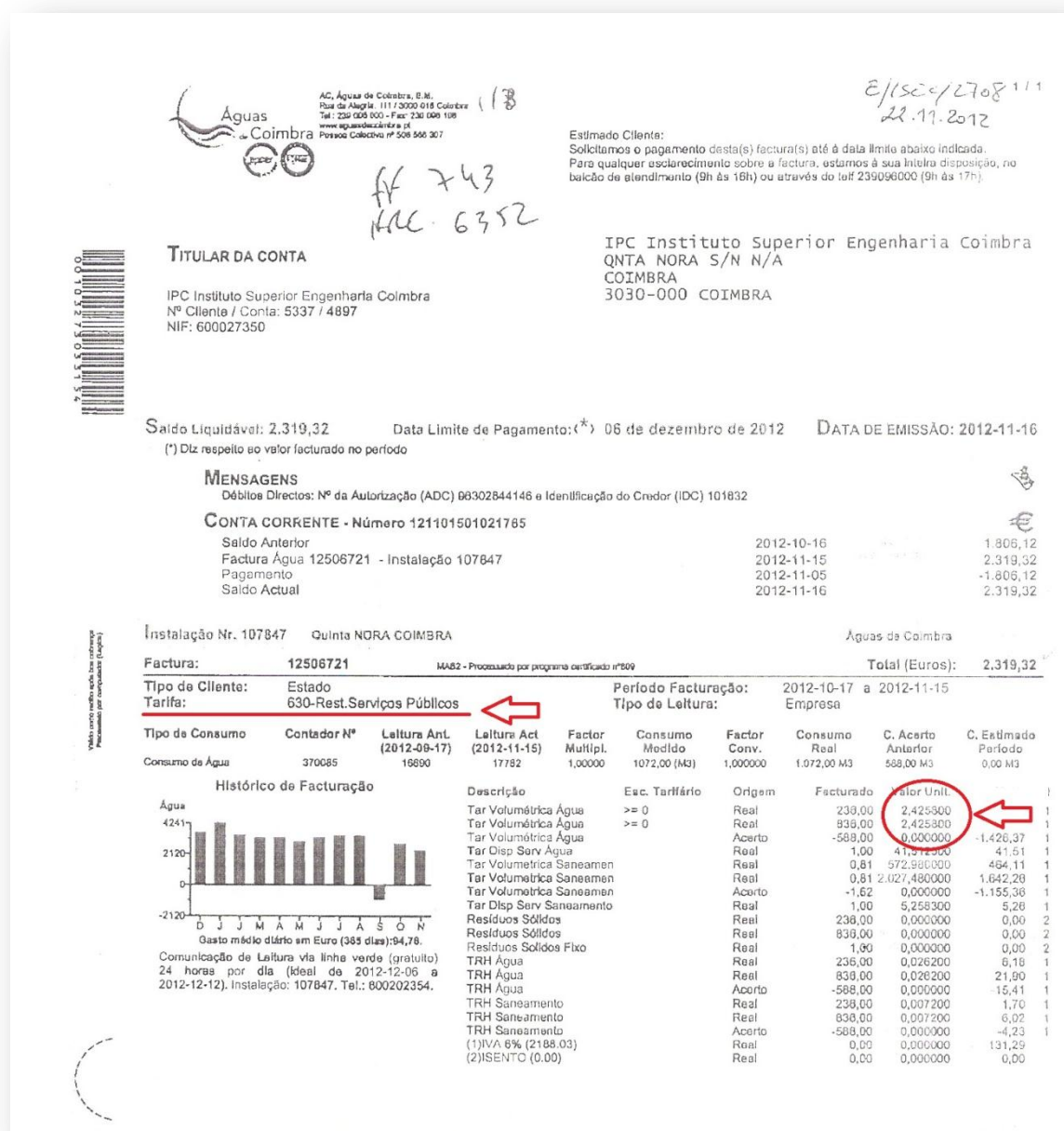


Figura 2.17: Exemplo de fatura de água do ISEC.

No Quadro 2.2 apresentam-se os valores das faturas mensais suportadas pelo ISEC pelos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais (anos de 2011 e 2012).

Período da faturação	Valor das faturas 2011	Valor das faturas em 2012
Dez/Jan	4.519,01€	4.240,44€
Jan/Fev	3.904,24€	3.397,45€
Fev/Mar	4.044,50€	3.213,79€
Mar/Abril	3.521,51€	3.219,88€
Abr/Mai	4.254,10€	2.912,65€
Mai/Jun	3.419,68€	3.238,79€
Jun/Jul	3.574,54€	3.347,76€
Jul/Ago	3.574,52€	3.346,34€
Ago/Set	3.339,91€	-1.000,90€
Set/Out	1.004,49€	2.807,12€
Out/Nov	4.063,26€	2.319,32€
Nov/Dez	3.550,59€	2783,57€
Valor total	42.770,35€	33.826,21€
Valor médio por fatura	3.564,20€	2.818,85€

Quadro 2.2: Faturação mensal do ISEC nos anos de 2011 e 2012.

2.5. Operação dos sistemas existentes

A criação do GTMI é relativamente recente, comparativamente à idade do ISEC. Enquanto o GTMI tem cerca de 10 anos, as primeiras instalações da escola têm mais de 40 anos.

Assim, sabe-se que a rede de distribuição de água original tem cerca de 40 anos, e sobre ela não foram encontrados quaisquer registos ou cadastro. Sabe-se, também, por testemunhos de atuais funcionários, que maior parte dessa rede era em tubagem de ferro galvanizado, tendo sido posteriormente substituída por outra em tubagem de PVC, em traçado próximo do original. Essa substituição foi adjudicada a uma empresa de construção civil contratada para o efeito e envolveu apenas trabalhos exteriores.

O GTMI tinha portanto um *deficit* relativamente à informação sobre esta rede, pelo que foi necessário fazer um levantamento de toda a informação que fosse possível adquirir, de modo a começar a ter um conhecimento mais profundo da mesma.

Há já algum tempo que havia o cuidado de fazer a recolha de dados correspondentes ao consumo de água.

Inicialmente começou-se por fazer a leitura diretamente no visor do contador na caixa de entrada. O registo dessa leitura era feito em folhas de papel com tabelas desenhadas (Figura 2.18).

A partir de meados de 2006 era possível, desde que não houvesse quaisquer atividades que o impedissem, fechar a válvula de corte colocada a jusante do contado, e assim cortar o

abastecimento de toda a rede do *campus*, exceto a “casa do guarda” que era abastecida por um ramal independente.

Registos diários dos consumos de água

Data	Leituras de manhã			Leituras à noite			Observações
	ISEC	Sr. Victor	Hora	ISEC	Sr. Victor	Hora	
01-04-2008	3211529	00968	07:45	3256608	00968	00:00	
02-04-2008	3256751	00969	07:41	3303925	00969	23:58	
03-04-2008	3304130	00969	07:47	3353212	00970	00:00	FICOU ABEIRA
04-04-2008	3355630	00970	07:35 (A)	3380584	00971	23:58	
05-04-2008	VIN ABEIL A ASUA A: Abaixo do SE ANNO DOBAM E DEVIDO A ESTAR A DECORRER O CURSO NO DEP. CIVIL - 3390666 / 00971						
06-04-2008							
07-04-2008	3393668	00973	07:51	3435997	00973	23:59	
08-04-2008	3436053	00973	07:55	3478499	00974	00:02	
09-04-2008	3478585	00974	07:50	3524180	00974	00:03	
10-04-2008	3524222	00974	07:52	3574240	00975	00:01	NÃO FECHEI DEVIDO A COMBUSTIV
11-04-2008	3593892	00975	07:35	3628850	00975	00:03	NÃO FECHEI DEVIDO A CURTO PRADO
12-04-2008							
13-04-2008							
14-04-2008	3695404	00976	07:36	3685770	00977	00:00	
15-04-2008	3685864	00977	07:58	3735577	00977	23:58	
16-04-2008	3725756	00978	07:38	3780567	00978	23:58	
17-04-2008	3780637	00978	07:40	3823749	00979	00:00	NÃO FECHEI DEVIDO A TURA
18-04-2008	3823745	00979	07:38	3871800	00979	23:56	
19-04-2008							
20-04-2008							
21-04-2008	3873061	00980	07:48	3920150	00981	23:58	
22-04-2008	3920304	00981	07:50	3965480	00982	23:59	
23-04-2008	3965574	00982	07:51	4005676	00982	00:03	
24-04-2008	4005773	00982	07:51	4036933	00983	23:57	NÃO FECHEI DEVIDO A CURSO
25-04-2008							FECHADO
26-04-2008							
27-04-2008							
28-04-2008	4047026	00985	07:35	4080732	00986	00:01	
29-04-2008	4080738	00986	07:33	4116607	00986	23:59	
30-04-2008	4116633	00986	07:30	4147627	00987	00:00	

Figura 2.18: Exemplo de folha de registo de leituras do contador de água.

Posteriormente essa informação era registada numa folha “excel” onde se efetuavam cálculos simples e diversas análises que conduziam a algumas conclusões (Figura 2.19).

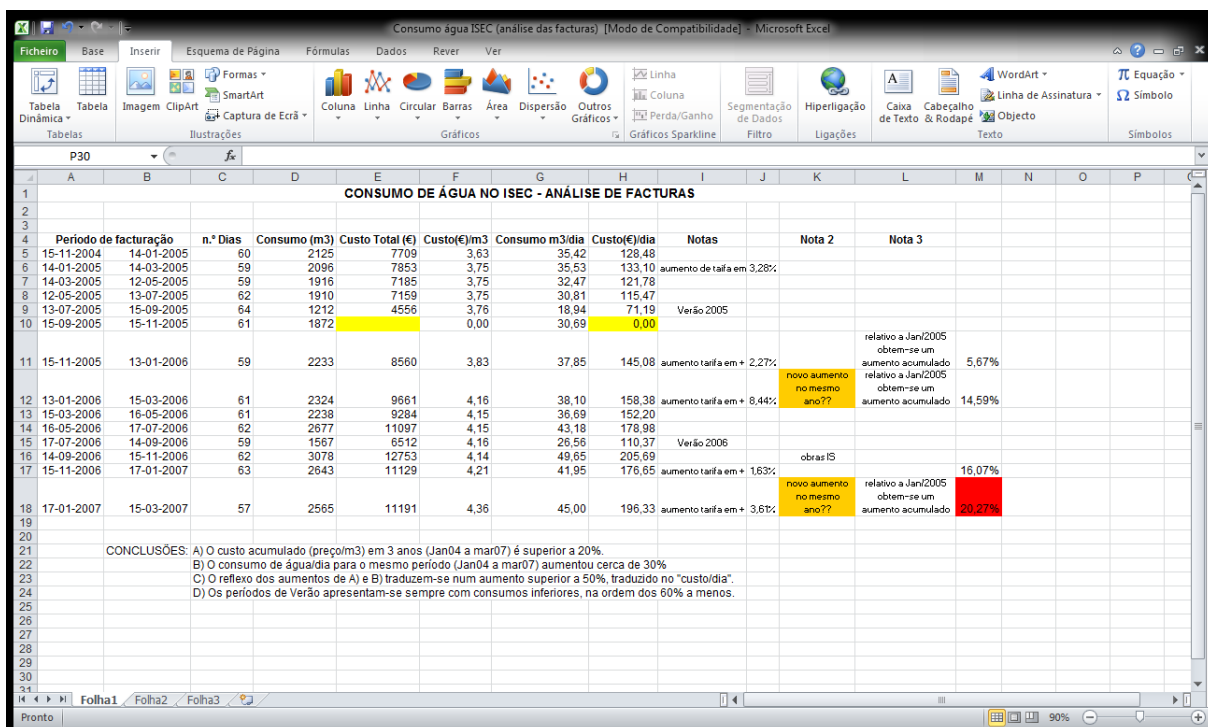
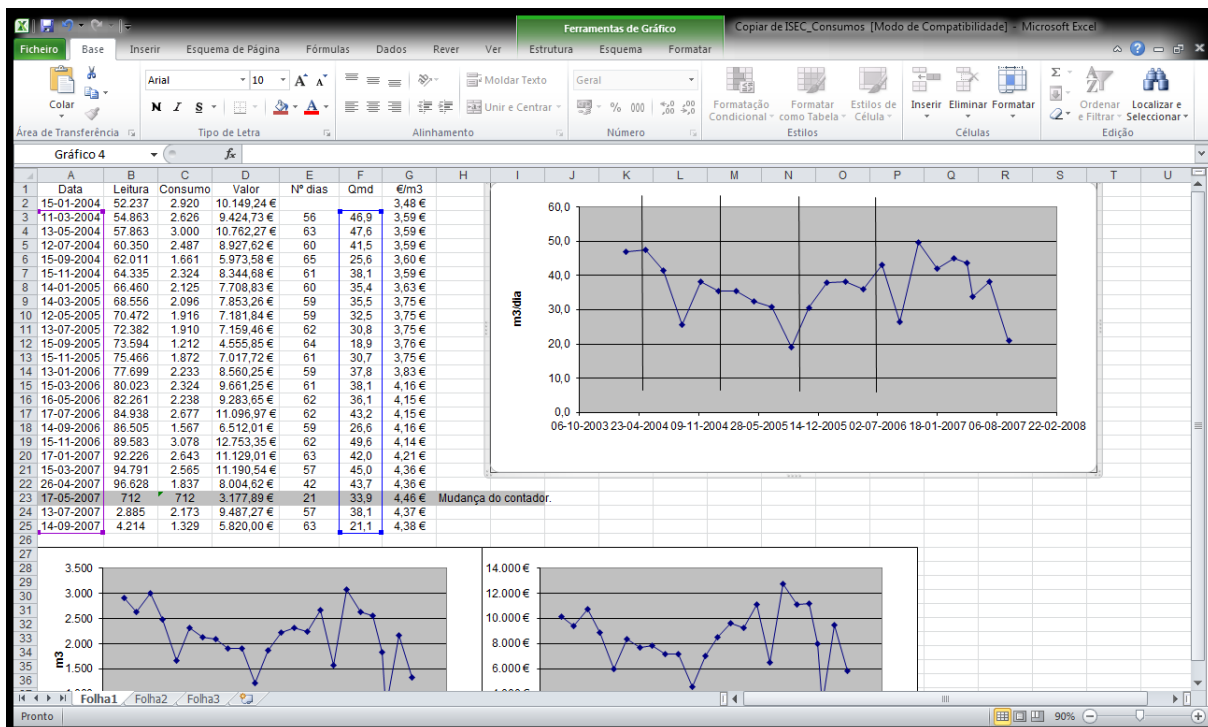


Figura 2.19: Análises plurianuais dos dados de leituras e faturas (2004 a 2007).

Foi com naturalidade que, posteriormente, as mudanças foram ocorrendo. O acesso à informação e o modo como essa informação passou a ser disponibilizada evoluiu de modo significativo, acompanhando as evoluções tecnológicas dos nossos dias. Assim, num passado relativamente recente, a empresa “ISA - *Intelligent Sensing Anywhere*, S.A.”, instalou um

datalogger que passou a permitir monitorizar os consumos de água no *campus* do ISEC (Figura 2.20). Os consumos de água medidos pelo contador são monitorizados por um sensor e registados no *datalogger*. Este equipamento possui um modem GSM/GPRS que envia diariamente as leituras para um servidor da ISA (leituras em intervalos de um minuto). Para consultar esta informação, a ISA disponibilizou ao GTMI do ISEC acesso à plataforma iWater, através de uma página de internet, onde os dados (leituras, pressões, caudais e consumos) podem ser visualizados na forma de tabelas ou em gráficos: <http://itelemetry.isa.pt/iwater/Login.aspx> (Figura 2.21).



Figura 2.20: *Datalogger* instalado pela ISA para monitorizar os consumos.

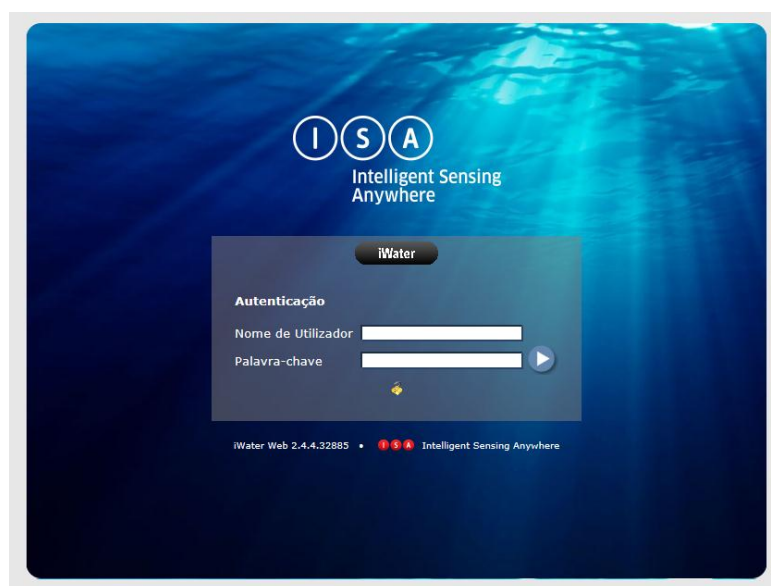


Figura 2.21: Página da plataforma iWater da ISA para consulta dos dados sobre consumo. (Adaptado de ISA, 2012).

É possível assim, de modo automático, e a partir de qualquer parte do mundo, com um simples acesso à internet, analisar as leituras enviadas pelo “*datalogger*” instalado junto do contador, na caixa de entrada.

Os registos manuais das leituras diretas dependiam da disponibilidade do operador e da sua atenção. Esperava-se que não houvesse erros no registo das leituras, as quais ainda deveriam ser posteriormente copiadas para meio informático onde seriam analisadas e comparadas. Este processo era aborrecido, consumia tempo e era pouco fiável. Além disso, com a informação obtida tornava-se difícil detetar a existência de fugas de água, e quando se conseguia estas já teriam ocorrido há algum tempo, dificultando o seu controlo.

Com a nova tecnologia, associada ao envio dos dados do “*datalogger*”, passaram a estar disponíveis, com uma grande frequência de atualização, dados relativos aos consumos de água e respetivos caudais a entrar na rede do *campus* do ISEC (Figura 2.22).

Salvaguardando ocasionais situações de anomalia (falhas no envio e/ou receção dos dados, falha da bateria ou *delay* na disponibilização da informação), o GTMI passou a ter à sua disposição um sistema muito mais eficaz e com muita e mais detalhada informação, e é com ele que se tem trabalhado ultimamente.

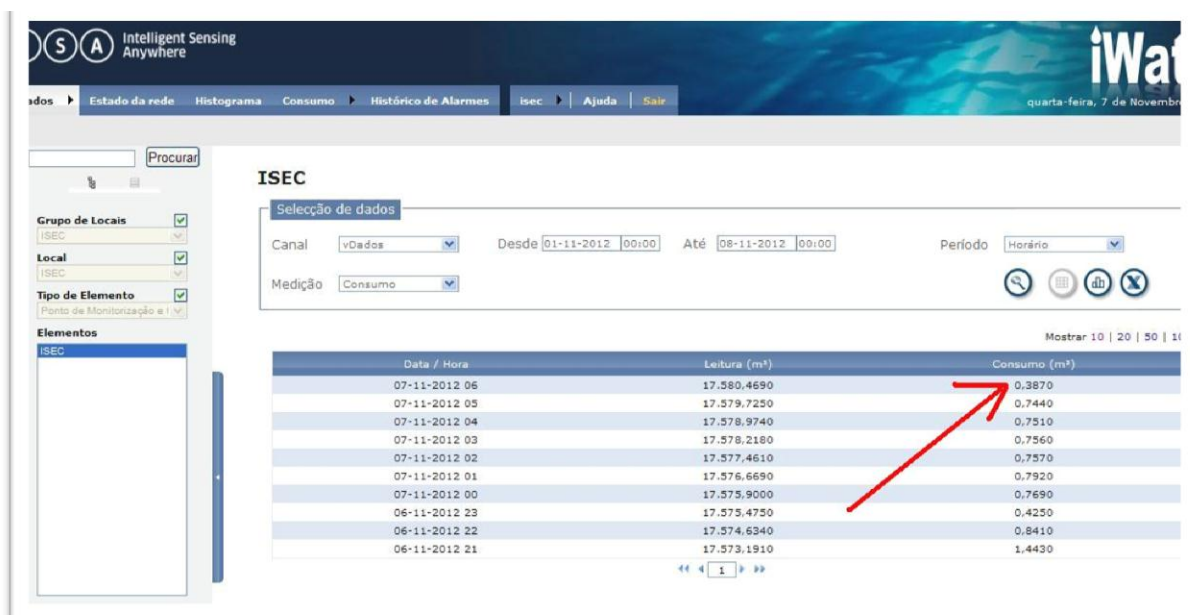


Figura 2.22: Exemplo de tabela com consumos registados (valores horários). (Adaptado de ISA, 2013).

A partir de Novembro de 2011, com o início do estágio, e com a monitorização permanente dos dados enviados pelo “*datalogger*”, tornou-se evidente que havia problemas de fugas na rede do *campus* do ISEC. Estavam agora reunidas algumas condições para tentar

resolver esses problemas: os conhecimentos adquiridos no âmbito do “Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construção Urbana”, o conhecimento adquirido sobre a rede do *campus* do ISEC, o tempo de estágio, o acesso à plataforma iWater da “ISA” e o aconselhamento e apoio do orientador.

Algumas questões foram logo definidas como prioritárias para melhorar a rede de distribuição de água do *campus* do ISEC: fazer o levantamento da rede e caracterizá-la, para posteriormente haver mais informação disponível de modo a dar resposta às patologias que se julgavam existir e que viessem a ser encontradas.

2.6. Caracterização dos sistemas existentes – Rede pública e captação própria

Os sistemas existentes foram alvo de um levantamento cuidado e deram origem a duas plantas. À “Planta geral da rede de distribuição de água do *campus* do ISEC” (Figura 2.23 e Anexo II.1) e à “Planta do sistema de rega dos jardins (Anexo II.2)”.

Esses levantamentos, *in loco*, tiveram como principal motivação a obtenção de plantas cadastrais mais completas, com informação fidedigna, que pudessem constituir no futuro elementos válidos de consulta.

Nessas plantas estão identificados os traçados, onde é possível reconhecer a localização dos nós e ramais, os materiais da tubagem e respetivos diâmetros, as localizações de válvulas de seccionamento, entre outros.

Esquematizando, os elementos que caracterizam esta rede de distribuição de água proveniente do sistema público de abastecimento, são:

- Contador com $\Phi 40\text{mm}$;
- Sistema de monitorização;
- Válvula redutora de pressão instalada a jusante do contador;
- Tubagem da rede de distribuição maioritariamente em PVC;
- Outros materiais da rede: ferro galvanizado, PEAD e multicamada;
- Diâmetros mais comuns - 16, 32, 50, 63 e 75 mm.

Os elementos que caracterizam o sistema da rede de rega dos jardins com água proveniente da captação própria são:

- Bomba;
- Autoclave;
- Quadro elétrico;
- Sonda;

- Válvulas de corte;
- Sistema elétrico de programação e comando
- Materiais da rede: PVC e PEAD;
- Diâmetros mais comuns - 16, 25, 63 75 mm;
- Aspersores e pulverizadores.

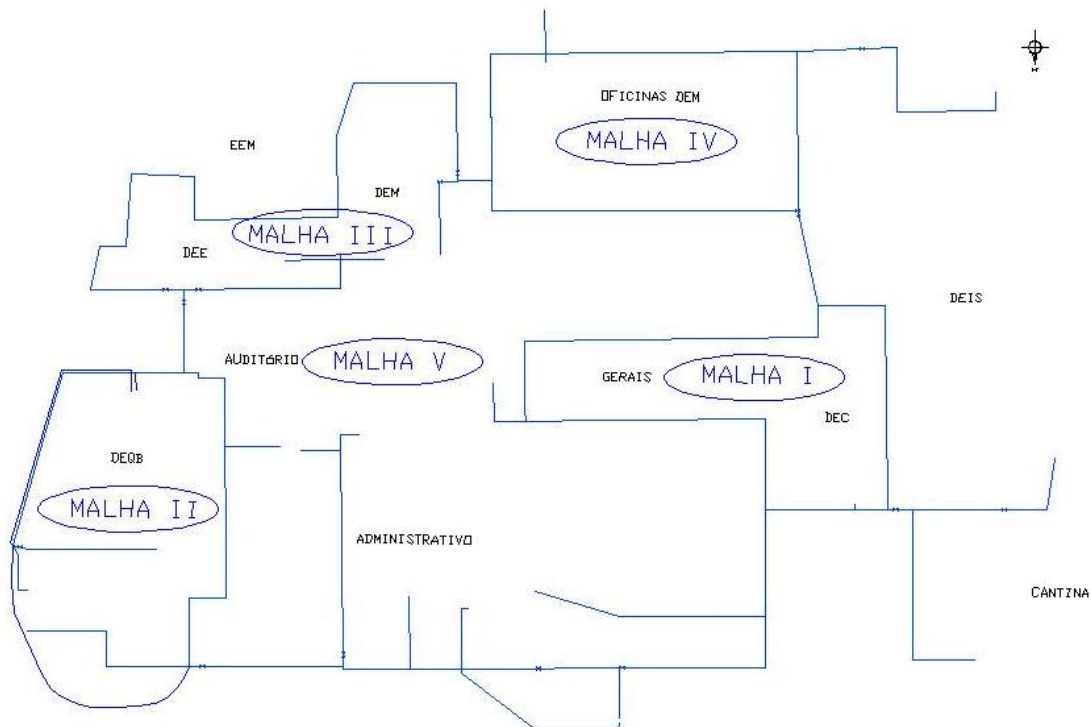


Figura 2.23: Planta esquemática da rede de distribuição de águas do *campus* do ISEC.

2.6.1. Elementos do sistema existente – com origem na rede pública

A rede de distribuição de água ao *campus* do ISEC pode ser classificada como uma rede mista. Maioritariamente a água distribuída para os edifícios do *campus* é feita através de rede do tipo emalhada, formando anéis à volta dos edifícios. Já o edifício interdisciplinar e o edifício da cantina são alimentados por troços ramificados, tornando todo o conjunto numa rede mista.

As partes emalhadas da rede possibilitam a alimentação de um mesmo ponto por várias vias, e corresponde à organização primária da rede de água que abastecia os edifícios construídos originalmente. As ampliações que se lhe seguiram aproveitaram esta disponibilidade, alargaram o número de malhas e adicionaram alguns troços ramificados.

De acordo com Rosar e Murakami (2011), quaisquer dos tipos de redes (ramificadas e emalhadas) apresenta vantagens e inconvenientes. Importa salientar, do ponto de vista da manutenção de uma rede em funcionamento, que nas redes ramificadas os principais inconvenientes se relacionam com:

- Interrupção para jusante do abastecimento em caso de avaria;
- Incapacidade de resposta para uma maior solicitação no consumo por pressão insuficiente;
- Hipótese de acumulação de sedimentos nas partes finais;

enquanto nas “redes emalhadas”, sobretudo as não zonadas, é mais difícil localizar fugas.

A rede de distribuição de água do *campus* do ISEC é atualmente constituída por quatro malhas à volta dos edifícios: malhas I, II, III e IV, e uma última malha central, malha V (Figura 2.23).

2.6.2. Elementos do sistema existente – com origem em captação própria

O sistema de rega tem origem em captação própria existente na zona poente do *campus* do ISEC (Figura 2.24). A sua localização exata é definida por:

- Sistema de Coordenadas Geográficas

Latitude: N 40° 11' 30.64'' Longitude: W 8° 24' 47.01''

- Sistema de Coordenadas Retangulares

Datum Lisboa - M: 176161 P: 358174

- Cota: 38 m.

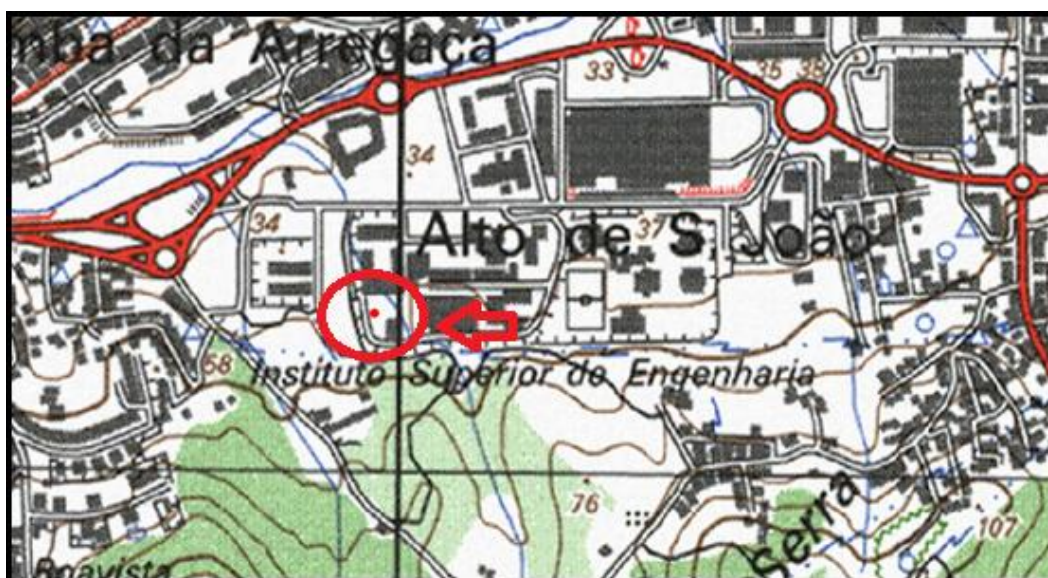


Figura 2.24: Localização da captação própria em planta topográfica, Escala 1/5000

(Adaptado de Sondagens Neves, 2012).

Esta rede é do tipo ramificada (Figura 2.25). A água tem origem num furo, sendo bombeada para a superfície e distribuída pelos jardins, de acordo com a planta do anexo II.2.

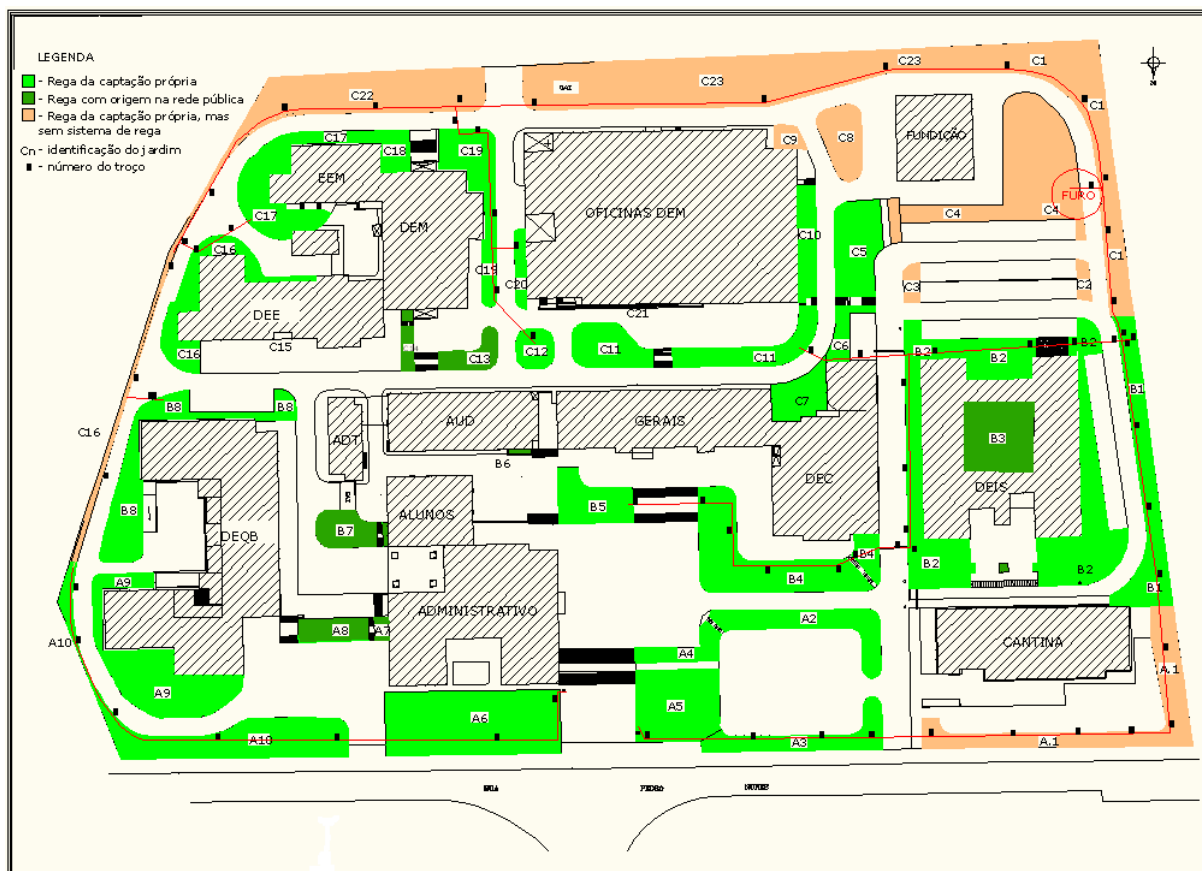


Figura 2.25: Planta do sistema de rega dos jardins.

Existe um edifício de apoio à captação própria (Figura 2.26), dentro do qual está instalado o quadro elétrico da eletrobomba e a autoclave (Figura 2.27). Para efeitos de funcionamento e de manutenção, estão ainda instaladas algumas válvulas de seccionamento.



Figura 2.26: Edifício de apoio à captação própria.



Figura 2.27: Autoclave.

Após a captação, a água é bombeada diretamente para o sistema de rega dos jardins. O atual sistema não compreende qualquer tipo de armazenamento. Consequentemente, a satisfação dos consumos de água para rega é conseguida através da água bombeada diretamente da captação própria.

Troços, materiais, diâmetros e comprimentos

De modo a melhor caracterizar a “Planta do sistema de rega dos jardins (Anexo II.2)” foram marcados troços que se resumem no Quadro 2.3, com indicação dos materiais que os constituem e respetivos diâmetros e comprimentos.

Troço	Material	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
1	PVC	63	53,75
2	PVC	63	253,85
3	PVC	63	554,25
4	PEAD	63	87,40
5	PEAD	50	144,85
6	PEAD	32	46,35
7	PEAD	32	6,80
8	PEAD	32	47,00
9	PEAD	32	22,60
10	PEAD	32	9,70
Comprimento Total			1.226,55

Quadro 2.3: Resumo dos troços, materiais e diâmetros da rede inicial do sistema de rega dos jardins.

Conforme se pode observar na Figura 2.25, assim como no Quadro 2.3 que compila informação sobre o sistema representado no anexo II.2, existe um traçado principal que percorre quase todo o perímetro do *campus* do ISEC, em PVC com um Ø63mm, formando quase uma malha.

Do traçado principal derivam ramificações em PEAD, as quais alimentam os vários setores dos diferentes jardins.

O quadro apresentado no “Anexo I - Peças escritas” resume a organização por setores (estações) em que encontram divididos os jardins, sendo toda a tubagem em PEAD de 25mm (1”). A coluna de “consumos” corresponde aos valores de referência, em m³/h, indicados pelo fabricante (que variam de acordo com o ângulo, a série e o tipo de dispositivo - pulverizadores ou aspersores) e que são utilizados para estimar os consumos da rega.

3. PROPOSTAS DE MELHORIA PARA OS SISTEMAS

3.1. Propostas de melhoria – Sistema com origem na rede pública

Com o objetivo de baixar o valor apresentado na fatura da água, que em Novembro de 2006 atingiu a importância de €12.753,35 para um consumo de 3.078m³, começou por se construir um ramal com origem entre o contador e a válvula de corte geral e a abastecer-se a “casa do guarda” de forma independente do resto do *campus*. Após essa alteração à rede, iniciou-se um ciclo em que passou a fechar-se a válvula de corte geral à noite e aos fins de semana, com o encerramento da escola. Esta medida pretendia reduzir as perdas de água, limitando o seu valor nas horas de fecho ao volume que se encontrava contido na rede.

Naturalmente que esta solução seria apenas temporária e precedente de melhorias de fundo que o sistema requeria. A avaliação do problema revelou a necessidade de implementar diversas soluções.

Assim, foram identificadas como possíveis melhorias a implementar:

- Diminuição do Φ do contador;
- Abastecimento dos bares e da cantina através da construção de ramais independentes;
- Gestão de pressões;
- Melhor caracterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs;
- Monitorização dos consumos, em particular dos consumos noturnos;
- Sensibilização da comunidade para o problema;
- Localização de fugas;
- Reparação de fugas;
- Identificação de descargas acidentais (autoclismos e torneiras).

3.1.1. Diminuição do Φ do contador

Para os caudais consumidos, que passaram a ser conhecidos com maior detalhe após a instalação do *datalogger* no contador, um contador de menor diâmetro ainda terá a capacidade suficiente para fazer o abastecimento pretendido. Consequentemente é uma medida viável reduzir o diâmetro do contador de $\Phi 60$ para $\Phi 40$.

Esta medida só é possível de implementar pela empresa abastecedora – Águas de Coimbra. O custo da alteração será de €42,63 e a poupança conseguida será a diferença da tarifa de disponibilidade do serviço de água associada aos dois diâmetros. Neste caso é de €115,4048 para €41,5125, ou seja, cerca de €73,89 por mês (cerca de €900 por ano, todos os anos).

3.1.2. Abastecimento dos bares e da cantina através da construção de ramais independentes

A presente situação não permite determinar e imputar os custos dos consumos de água com proveniência na rede pública às entidades externas que exploram os referidos locais.

Consequentemente, não há um estímulo à poupança e o ISEC suporta na sua fatura consumos que não lhe deviam ser imputados.

Estima-se que a cantina sozinha seja responsável por 40% do consumo total.

Com o abastecimento individualizado e independente espera-se obter: cuidados com a manutenção das instalações disponibilizadas, menores consumos reais e valor de fatura de água destinada ao ISEC consideravelmente menor.

3.1.3. Gestão de pressões

Com a gestão das pressões pretende-se evitar a aceleração da degradação da atual rede, reduzir a ocorrência de novas fugas de água e reduzir os caudais através das fugas já existentes e dos dispositivos de utilização existentes no *campus*.

Com a instalação de uma válvula redutora de pressão, com pressão de saída fixa, poder-se-á obter uma pressão estável na rede mantendo uma pressão de serviço suficiente que dê resposta às necessidades, que se estima poder ser de 3 bar.

3.1.4. Melhor caracterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs

Pretende-se identificar os nós que definem os pontos comuns entre as redes.

Nesses pontos deverão estar instaladas válvulas de seccionamento acessíveis e operacionais.

Com efeito, após se poderem tratar de modo isolado as zonas, que corresponderão a secções de rede bem definidas, poderemos mais facilmente localizar e reparar eventuais fugas.

3.1.5. Monitorização dos consumos, em particular dos consumos noturnos

O ISEC em alguns dias apresenta consumos superiores a 30m³ de água com origem na rede pública. Noutros dias esse consumo poderá ficar abaixo de 15m³. Com oscilações tão grandes no consumo é impossível perceber a existência de problemas na rede durante o normal funcionamento.

É portanto através da monitorização dos caudais em horários noturnos e ao fim de semana (períodos em que na maioria das vezes não há atividade) que se consegue detetar a existência de alguma anomalia.

3.1.6. Sensibilização da comunidade para o problema

É determinante fazer dos consumidores nossos aliados e não vê-los como “inimigos”.

Na prossecução dos objetivos de diminuição de consumos e perdas de água todas as atitudes contam: reposicionar o botão de descarga do autoclismo que ficou preso ou apertar

melhor o manípulo da torneira que ficou a pingar; comunicar uma avaria visível ou um escorrimento de água na estrada.

3.1.7. Identificação de fugas

Sabendo-se da existência de fugas é essencial avaliá-las, localizá-las e repará-las.

Também nesta situação é útil desenvolver os trabalhos necessários em períodos sem consumos, sem perturbações externas, como ruído e vibrações, e com o recurso a equipamento de apoio de campo especialmente vocacionado para a localização de fugas, que deverá ser a mais exata possível.

3.1.8. Reparação de fugas

Após a sua localização, as fugas de água deverão ser reparadas no menor tempo possível.

A rápida intervenção permite reduzir o desperdício de água, evitar a degradação do meio para onde esta se infiltra ou escorre e a evitar a imagem de negligência e desinteresse que desmobilizará e desencorajará quantos estejam empenhados em ajudar a manter a rede de água mais eficiente.

3.1.9. Identificação de descargas acidentais (autoclismos e torneiras)

Mesmo antes de se conseguir detetar um consumo anormal com o apoio da monitorização dos caudais, há situações pontuais de perdas que podem ser evitadas, tais como autoclismos a correr, torneiras mal fechadas ou outros. É importante implementar uma estratégia de verificações sistemáticas que eliminem episódios facilmente repetíveis no quotidiano.

3.2. Propostas de melhoria – Sistema com origem em captação própria

A rede de águas com origem na rede pública é independente do sistema de rega dos jardins. Porém, os dois sistemas podem interligar-se se ocorrer alguma falha no funcionamento do equipamento da captação própria.

A inoperacionalidade da captação própria, ou dos elementos que possam comprometer o bom funcionamento do seu sistema, obrigará a um acréscimo no consumo de água da rede pública em situações de limpezas mas, sobretudo, em rega de jardins.

Para evitar que tal aconteça, ou reduzir os consumos se tal vier a ocorrer, foram identificadas melhorias a implementar, algumas das quais essenciais:

- Substituição de equipamento danificado ou avariado;
- Limpeza da captação própria;
- Redefinição de setores dos jardins;
- Sensibilização para redução dos custos com a utilização de água desta proveniência;

- Reformulação do sistema com o objetivo de abastecer a totalidade da rede de distribuição de água do *campus* do ISEC (após tornar independentes os abastecimentos à cantina e aos bares).

Todas estas medidas apresentadas pretendem melhorar o desempenho das redes.

Algumas das medidas apresentadas têm custos muito baixos comparativamente a outras. Algumas podem ser implementadas rapidamente, ao invés de outras que obrigam a trabalhos mais demorados. Há melhorias que obrigam a trabalhos de construção com contratações externas de empreitadas ou de serviços, o que torna os processos muito mais morosos e sujeitos a disponibilidades orçamentais.

No capítulo 4 descreve-se de que modo a proposta de melhoria poderá melhorar a eficiência dos sistemas.

4. MELHORIAS CONCRETIZADAS NO SISTEMA E RESULTADOS OBTIDOS

Este estágio teve o sucesso de conseguir implementar algumas das medidas que foram identificadas como passíveis de melhorar a eficiência hídrica das redes de distribuição de água do *campus* do ISEC, com origem na rede pública e com origem em captação própria.

As medidas concretizadas correspondem ao evoluir de uma vontade de melhoria permanente e não a quaisquer obrigações de entidades externas, como acontece em muitos casos.

É nesta vontade de aperfeiçoar a capacidade de fornecer um serviço, melhorando o seu nível ao menor custo possível, permitindo a libertação de recursos para outras atividades ou necessidades, que a seguir se descrevem as medidas de melhoria implementadas e os resultados alcançados.

4.1. Melhorias concretizadas – Sistema com origem na rede pública

4.1.1. Diminuição do Φ do contador

A monitorização dos consumos permitiu concluir que o diâmetro do contador existente estava sobredimensionado para as necessidades da escola. Então, optou-se por solicitar à Águas de Coimbra a substituição do contador por um de menor diâmetro (de 60 mm para 40 mm – Figura 4.1), numa primeira fase em jeito de experimentação, mas que mais tarde se viria a tornar definitiva.

Até à data, decorridos cerca de dois anos, não há conhecimento ou registo de quaisquer anomalias ou inconveniente que pudessem ter tido como origem essa substituição.

Esta melhoria significa a redução da tarifa de disponibilidade do serviço de abastecimento de água, o que representa uma diminuição definitiva no custo anual em cerca de 900€.



Figura 4.1: Contador após a substituição.

4.1.2. Abastecimento dos bares e da cantina através da construção de ramais independentes

Esta melhoria proposta e aceite superiormente ainda não foi implementada.

Já se iniciou um processo de lançamento de empreitada que acabou por ser anulado. Neste momento está a iniciar-se novo processo de empreitada para concretização das obras necessárias à implementação de sistemas independentes de abastecimento de água através da rede pública, podendo depois as entidades externas exploradoras de bares ou cantina ter uma contratação do serviço em nome próprio, assumindo diretamente a responsabilidade e os custos dos consumos junto da entidade gestora - Águas de Coimbra.

4.1.3. Gestão de pressões

A instalação de uma válvula redutora de pressão, com pressão de saída fixa (Figura 4.2), permitiu regular a pressão na rede de distribuição de água do *campus* do ISEC, deixando esta de estar diretamente dependente da pressão do sistema público de abastecimento de água. Deste modo, passou a disponibilizar-se apenas a pressão necessária à satisfação dos consumos do *campus*, não tendo sido identificados quaisquer problemas até ao momento. Esta medida contribui para a redução dos consumos, a diminuição das perdas de água através de fugas, aumentar a longevidade das tubagens e reduzir o risco de ocorrência de roturas.



Figura 4.2: Válvula redutora de pressão, com pressão de saída fixa.

A pressão da rede é constante à saída do contador e, até à data, para a pressão definida, não houve problemas relativamente ao ponto crítico.

4.1.4. Melhor caracterização do sistema e possibilidade de constituição de ZMCs

Foram identificados troços, nós e reconhecidas cinco malhas na avaliação da rede de abastecimento de água aos edifícios.

A realização de testes de fecho progressivo de válvulas, recorrendo às válvulas existentes e algumas instaladas de novo (Figuras 4.3 e 4.4), permitiu identificar quais seriam as zonas da rede onde provavelmente existiam roturas.



Figura 4.3: Nó comum a duas malhas, dotado de três válvulas de seccionamento.



Figura 4.4: Nó com duas caixas de visita para albergar válvulas de seccionamento.

Para facilitar a abertura das tampas das caixas de visita e a manobra das válvulas, que por vezes se encontram a alguma profundidade, foi necessário criar ferramentas de apoio, feitas nas próprias oficinas do ISEC (Figura 4.5).



Figura 4.5: Ferramentas de apoio aos trabalhos de levantamento de tampas de caixas de visita e fecho de válvulas.

4.1.5. Monitorização dos consumos, em particular dos consumos noturnos

Com a ajuda da plataforma iWater da ISA, passou a ser possível fazer-se a monitorização dos consumos de água do *campus* do ISEC.

A informação das últimas 24 horas é disponibilizada todos os dias às 7 horas, pelo que o conhecimento dos consumos anda ligeiramente desfasado do instante em que ocorrem. Contudo, esta situação não impede a deteção de problemas quando ocorrem anomalias (apenas introduz algum atraso no processo), passando-se de imediato à identificação da causa e respetiva correção. No dia seguinte, aquando do envio de nova informação, procede-se à confirmação da resolução do problema.

A Figura 4.6 ilustra um de entre vários episódios ocorridos, em que se detetou, através da análise dos consumos noturnos, a ocorrência de anomalias na rede, tendo-se atuado de imediato no sentido de identificar a causa e de as corrigir (atente-se que no dia seguinte a cada ocorrência os consumos noturnos voltaram a ser nulos). A maioria destas situações está associada ao encravamento de botões de descarga de autoclismos na posição aberto, ficando a descarregar água em contínuo.

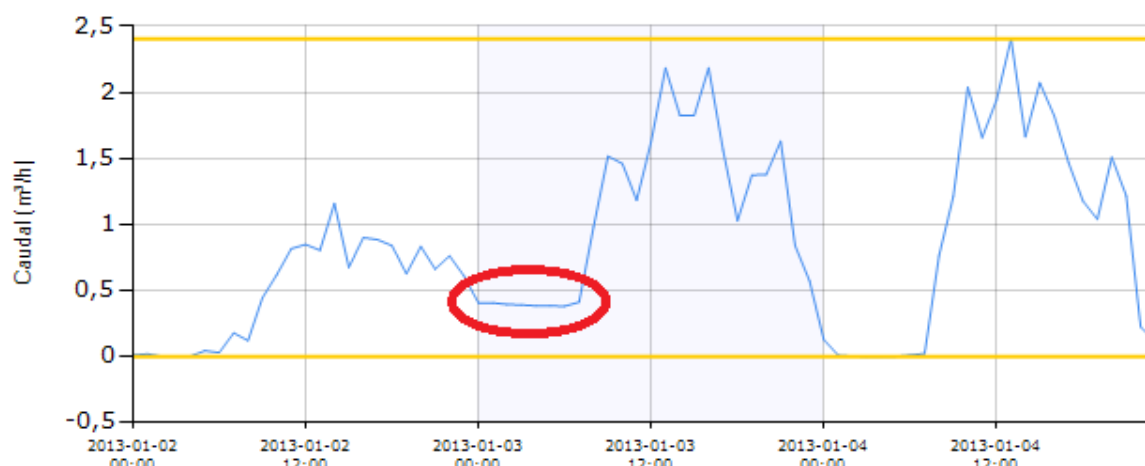


Figura 4.6: Exemplo de ocorrência de consumos noturnos anómalos (03-01-2013) (Adaptado de ISA, 2013).

4.1.6. Sensibilização da comunidade para o problema

Trata-se de uma medida concretizada mas difícil de alcançar em pleno.

Foi divulgado um *email*, para uma lista com todos os utilizadores do ISEC (alunos, funcionários docentes e funcionários não docentes), em que se apelava a um comportamento mais cuidado e como se poderiam comunicar as avarias detetadas. Posteriormente, em mais do que uma reunião, o Presidente do ISEC dirigiu-se a todos os participantes reforçando a ideia da importância da poupança e dos atos individuais. A mensagem tem passado, mas há sempre pessoas com comportamentos mais negligentes e desinteressadas.

Outro modo de sensibilizar a comunidade tem sido através da atitude das pessoas que têm funções envolvidas com a rede de distribuição de água. Por um lado, literalmente, agradece-se sempre que é feita a comunicação de uma avaria. Por outro, o testemunho positivo do interesse através da ação rápida na resolução dos problemas comunicados.

4.1.7. Localização de fugas na rede de distribuição de água

Foram identificadas e reparadas várias fugas existentes na rede de distribuição de água do *campus* do ISEC: algumas de pequena dimensão e outras mais preocupantes; algumas facilmente localizáveis visualmente e outras de localização mais complexa obrigando ao recurso a métodos e equipamentos específicos.

Na Figura 4.6 apresenta-se um nó onde foi identificada visualmente uma pequena fuga, a qual foi prontamente solucionada.



Figura 4.7: Nó após a reparação de fuga.

Da observação do Quadro 2.1 facilmente se conclui que no mês de Março de 2012 houve um consumo bastante acima da média.

Seguidamente toma-se este exemplo para descrever os passos seguidos para a identificação de fugas. Mas antes disso, veja-se na Figura 4.8 uma imagem da caixa de entrada da rede com origem na rede pública, onde se podem observar:

1. Válvula de corte parcial à casa do guarda
2. Contador particular da casa do guarda
3. Válvula de corte parcial da rede geral do ISEC, excluindo a “casa do guarda”
4. Válvula redutora de pressão, com pressão de saída fixa
5. Válvula de corte geral
6. Contador geral
7. *Datalogger*

Após a realização das necessárias e habituais inspeções às zonas visíveis em períodos sem atividade, não se encontraram quaisquer situações que justificassem as diferenças anormais no consumo.

Assim, a hipótese de fuga na tubagem da rede passou a ser a conjectura mais provável. Para se encontrarem essas fugas recorreu-se a métodos e a equipamento que apoiassem a sua localização.

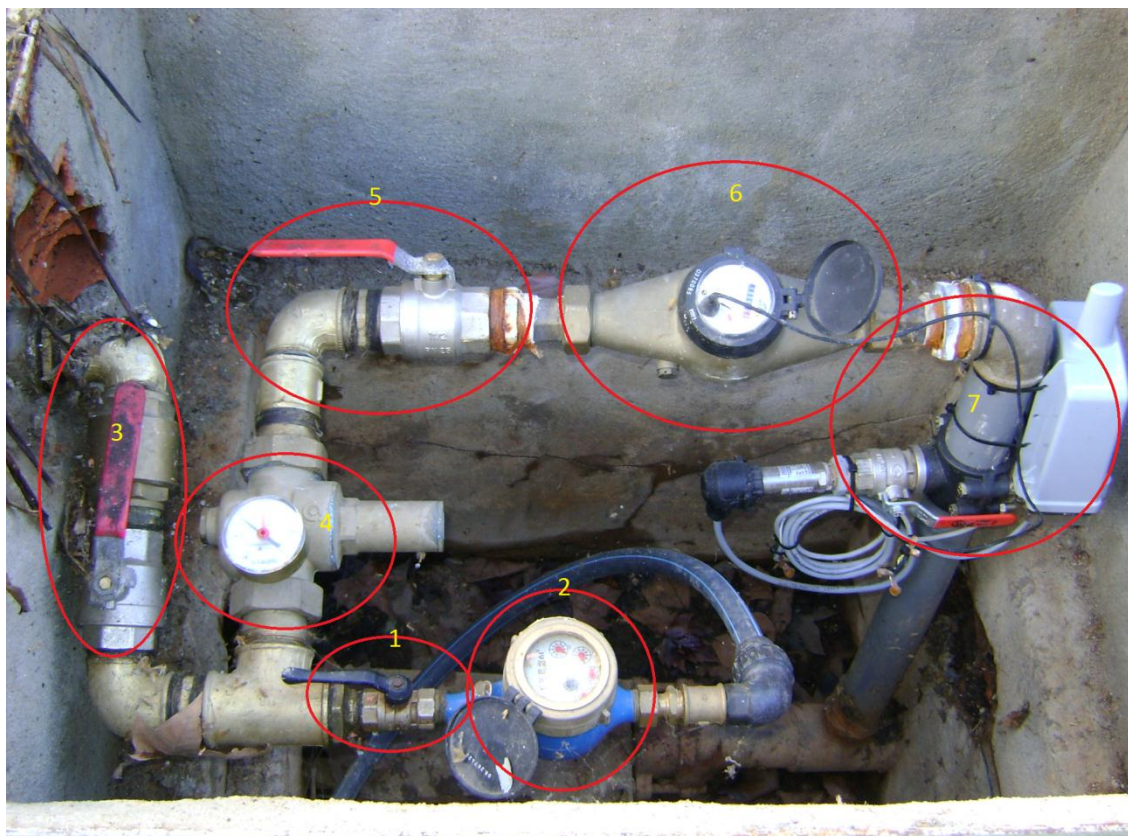


Figura 4.8: Caixa de entrada da rede com origem na rede pública.

Para tentar localizar as fugas na rede, esperou-se pelo fecho da escola (às 0 horas) e procedeu-se da forma que se passa a descrever:

- Fechou-se a válvula “1” para isolar o ramal da casa do guarda;
- Fechou-se a válvula “3” e verificou-se que o contador geral parou;
- Abriu-se novamente a válvula “3” e imediatamente surgiu movimento no contador geral indicando a ocorrência de consumo;
- Fecharam-se progressivamente as válvulas de seccionamento que isolam setores da rede (ver Figura 2.23) e, com a ajuda de um cronómetro, após cada fecho registaram-se os consumos para um determinado tempo;
- Procedeu-se à abertura progressiva das válvulas de seccionamento, em sentido inverso ao dos fechos, de modo a permitir a alimentação a um setor de cada vez.

Este procedimento permitiu concluir que ocorriam consumos em 3 dos setores isolados: malhas I, III e V (ver Figura 2.23). No entanto, as malhas I e V eram as que apresentavam as maiores preocupações, uma vez que os seus consumos eram mais significativos.

Com o equipamento de localização de fugas “Mikron” (Figuras 4.9 a 4.11), que tem duas formas diferenciadas de escuta (direta e indireta), com dois sensores distintos, e seguindo a planta do Anexo II.1, inspecionaram-se as condutas de cada uma das malhas individualmente. Nesta fase procurou-se que a alimentação se restringisse apenas à zona que estava a ser inspecionada, de modo a eliminar possíveis ruídos que pudessem ter origem noutras partes da rede.



Figura 4.9: Equipamento para localização de fugas Mikron (versão combinada) (Adaptado de axogreen, 2012).



Figura 4.10: Mikron para escuta direta na conduta, em ramais, válvulas, bocas-de-incêndio, outros (Adaptado de axogreen, 2012).



Figura 4.11: Mikron para escuta indireta em solos e pavimentos (Adaptado de axogreen, 2012).

Com a ajuda do equipamento Mikron foi possível identificar ruídos característicos de fugas de água, tendo-se assinalado esses locais com tinta.

O passo seguinte seria o de confirmar a localização, o que implicava a abertura de caixa em terreno e proceder à prospeção e à reparação.


Prevendo-se trabalhos não realizáveis por funcionários do ISEC, foi necessário recorrer a entidades externas para a realização desses trabalhos.

4.1.8. Reparação de fugas

As campanhas de inspeção efetuadas culminaram na identificação de vários tipos de fugas, tendo-se procedido à respetiva reparação.

Torneiras que não vedavam completamente foram substituídas. Descargas de autoclismos foram trocadas. Válvulas de seccionamento que não eram completamente estanques foram mudadas por outras. Troços de tubagem fissurados foram arrancados e substituídos por novos de outro material.

As reparações foram feitas maioritariamente pelo GTMI, através dos funcionários que lhe estão adstritos. Contudo, sendo a maioria, não foram as mais complexas. Essas foram alvo de contratação de serviços para reparação por empresas da especialidade (Figura 4.12).



INST. SUPERIOR ENGENHARIA COIMBRA
 Rua Pedro Nunes - Quinta da Nora
 Coimbra
 3030-199 - COIMBRA
 N.º: 600027350
 Tel.: 239 790 200
 Fax: 239 790 201
 Email: info@isec.pt
 Site: http://www.isec.pt/

[Redacted]
 [Redacted]

Coimbra
 3020-000 COIMBRA
 PORTUGAL

Processo Nº	Serviço	Arm.	Cód. Fornecedor	Data	Nota Encomenda Nº
PC.006.2012.0000323	006 - ISEC	GTMI	5342	2012/05/02	Nº.006.2012.0000316

Cabimento nº
201200001245

Data
2012/04/27

Original

Designação	Classificação	Quant.	Un.	Preço Unit.	Iva	Total c/ IVA
Serviço de reparação de 3 fugas na rede de águas	563N	1	Un	745,7700	23.00	917,30

Efectuado, conforme apontado - 13/04/2012

Data Prevista de Entrega	TOTAL	917,30
--------------------------	--------------	---------------

Figura 4.12: Nota de encomenda correspondente à contratação de serviços de reparação de três fugas de água.

De seguida apresentam-se algumas imagens dos trabalhos efetuados no âmbito da reparação das fugas identificadas:

- A. Fuga em troço do lado sul do Edifício dos Gerais - malha I (Figuras 4.13 a 4.16));
- B. Fuga em troço do lado nascente do DEQB - malha II (Figuras 4.17 a 4.19).



Figura 4.13: Abertura de caixa até se encontrar a tubagem da rede de água.



Figura 4.14: Confirmação da rotura.



Figura 4.15: Material (acessórios) utilizado na reparação.



Figura 4.16: Reparação efetuada.



Figura 4.17: Abertura de caixa para procura da rotura.



Figura 4.18: Confirmação da rotura.



Figura 4.19: Tubagem reparada.

4.1.9. Identificação de descargas acidentais (autoclismos e torneiras)

Há uma “Instrução de Serviço” com a indicação para que todos os dias, imediatamente antes de se fecharem as portas dos edifícios, após sair a última pessoa, fazer-se uma verificação de todas as instalações sanitárias.

No silêncio da inatividade da escola, é possível identificar o ruído característico da água a correr, e um simples apertar de torneira ou reposicionar o botão do autoclismo pode evitar o desperdício de muitos litros de água.

Quando a situação identificada é mais complexa, fecha-se as torneiras de segurança, local ou geral, e comunica-se a situação através de registo na plataforma do GTMI.

4.2. Melhorias concretizadas – Sistema com origem em captação própria

De modo semelhante ao que sucedeu com o sistema com origem na rede pública também no sistema com origem em captação própria foi possível implementar algumas melhorias.

4.2.1. Substituição de equipamento danificado ou avariado

Este sistema estava inoperacional. Para inverter esta situação foi necessário substituir algum equipamento.

Foi substituído o quadro elétrico que estava queimado, a autoclave que estava degradada, a bomba que estava avariada, entre outros (Figura 4.20).



Proposta n.º 21/12

GTMI

Data: 2012-03-07



Proposta n.º 23/2011

GTMI

Data: 2011/04/07

AJUSTE DIRECTO - REGIME SIMPLIFICADO
(Montante máximo €5.000)

Despacho:

AJUSTE DIRECTO - REGIME SIMPLIFICADO
(Montante máximo €5.000)

Despacho:

Autorizado por delegação de competências, conforme deliberação n.º 963/2010, publicada em D.R. n.º 105, de 31 de Maio, após verificação de cabimento orçamental.

O ____/Presidente do ISEC,

20__/__/__

Assunto: Aquisição de material para o sistema de reg.

Assunto: Aquisição de quadro eléctrico para o Furo de Rega.

O Gabinete Técnico de Manutenção das Instalações necessitando de proceder à aquisição dos bens móveis e/ou serviços acima referidos para resolver as patologias detectadas no quadro do furo de rega, e, nos termos do art.º 128.º do Código dos Contratos Públicos (CCP), solicita-se autorização para adjudicação por "Ajuste Directo - Regime Simplificado" à firma/entidade abaixo mencionada, conforme se discrimina:

Quant	Designação	Preço unitário	Desconto	Total
1	Quadro Eléctrico	198,50		198,50
100	M de tubo de polietileno 1/2"8			
10	Cartuchos para filtros Arag 1"			
2	Solenoides impulso TBOS 9 Volts			
30	Pulverizadores emergentes US 415			
5	Filtros Arag 100 Mesh 1"	11.300	40%	33,90
25	Blocos 18 van reguláveis	2,35	40%	35,25
4	Caixas jardim 27*24*17.5X285	12.680	35%	32,97
(Deve indicar sempre o IVA)			IVA à tx. de 23%	60,82
			Total	244,16

Figura 4.20: Propostas de requisição de aquisição de material para o sistema alimentado por captação própria.

4.2.2. Limpeza da captação própria

Como a sonda indicava anomalia, e de modo a garantir-se a correta funcionalidade do furo, entendeu-se ser necessário mandar fazer limpeza da captação. Para tal contratou-se uma empresa externa especializada neste tipo de trabalhos, que concluiu os trabalhos com a entrega do respetivo relatório (Figura 4.21).

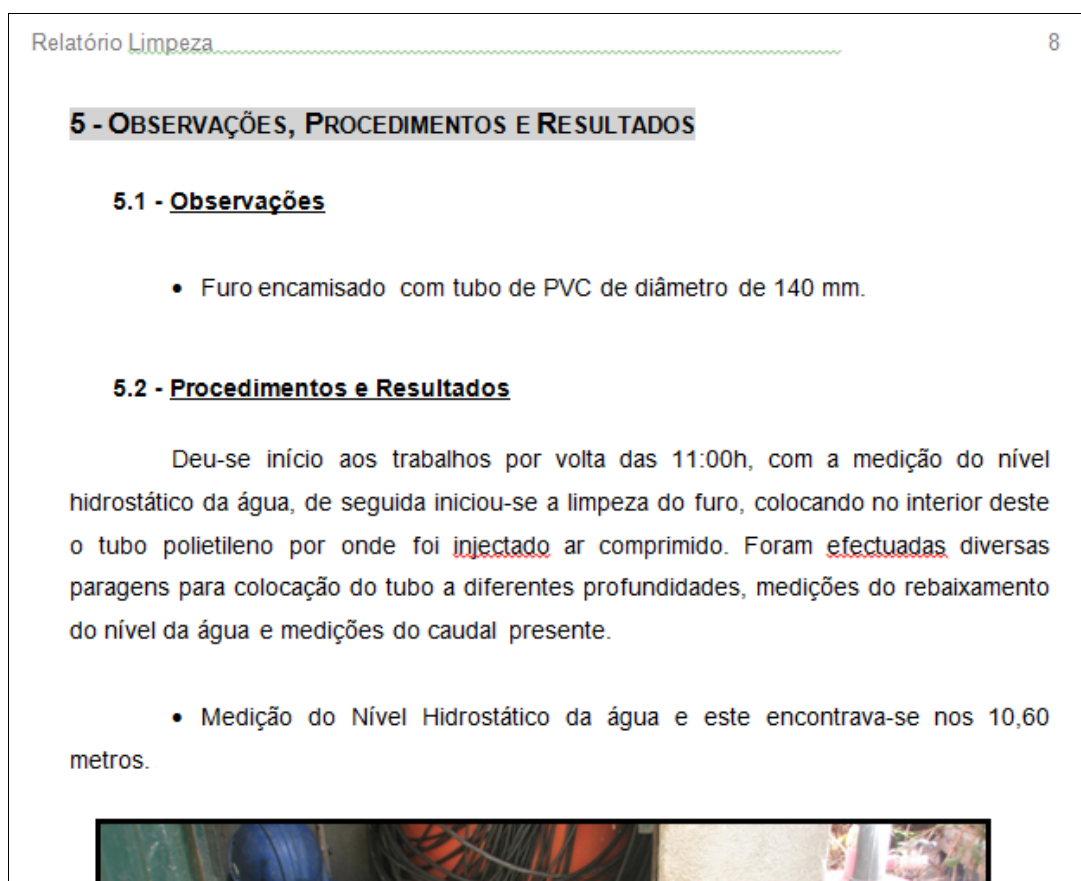


Figura 4.21: Extrato do relatório de limpeza efetuado ao furo (Adaptado de Sondagens Neves, 2012).

4.2.3. Redefinição de setores dos jardins

Alguns setores (estações) dos jardins (anexo I) estão desequilibrados relativamente a outros, em termos de caudal. Para que a nova bomba, recentemente adquirida, com uma curva característica algo diferente da anterior, consiga efetuar nas devidas condições a rega em todos os setores dos jardins, é necessário redefinir esses setores de modo a uniformizá-los em termos de caudal.

Até à data esta operação de redefinição de setores ainda não foi efetuada (nesta altura do ano não se procede a rega, pelo que esta medida não era prioritária).

4.2.4. Sensibilização para um custo menor na utilização de água com proveniência em captação própria

Esta medida consistiu na sensibilização dos jardineiros para o uso eficiente da água na rega, pois são eles que operam exclusivamente este sistema.

Para já apenas se pode concluir que houve compreensão e recetividade à mensagem, não se podendo ainda adiantar outras conclusões.

4.2.5. Reformulação da rede de abastecimento interna

Está em processo de análise pela Presidência a hipótese de se abastecer todo o *campus* do ISEC exclusivamente com água da captação própria, após entrar em funcionamento o abastecimento independente das zonas de restauração através de ramais próprios com origem na rede pública. Já se procedeu à redefinição da rede de distribuição de água do *campus* do ISEC de modo a que seja abastecida totalmente a partir da captação própria, ao dimensionamento dos reservatórios necessários para armazenar água (a nova bomba do furo já foi selecionada de modo a assegurar a rega e o enchimento dos reservatórios), ao dimensionamento da central hidropressora que será usada para manter pressurizada toda a rede, à definição do sistema de tratamento de água a adotar (filtros e bombas doseadoras de cloro para desinfecção), e à definição da futura localização de todos estes equipamentos. Estes trabalhos permitiram já efetuar uma estimativa bastante rigorosa do investimento em causa, tendo-se concluído que esse investimento teria um período de retorno relativamente curto.

Nem todas as medidas referenciadas foram já postas em prática. Contudo, é determinante dizer-se que foi reposta a operacionalidade de um sistema que esteve inativo algum tempo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho que foi descrito neste relatório é apenas uma das vertentes do trabalho desenvolvido pelo GTMI.

Tanto a rede de distribuição de água com origem no sistema público de abastecimento como a rede de água com origem em captação própria foram alvo de beneficiações.

O trabalho desenvolvido no âmbito do presente estágio permitiu melhorar o conhecimento sobre estas redes. Foram identificadas e implementadas várias medidas de melhoria (por exemplo, monitorização de consumos de água, zonamento da rede, localização e reparação de fugas) que tiveram como consequência uma redução substancial dos consumos de água no *campus* do ISEC e da respetiva faturação, contribuindo, igualmente, para aumentar a longevidade da rede. Também se procedeu à substituição de componentes degradados cuja funcionalidade melhorará uma resposta futura em caso de problemas na rede.

Nas intervenções operadas nas redes de água foram utilizados métodos e técnicas que revolucionaram o modo do GTMI operar, e permitiram identificar e corrigir várias situações anómalas. A génese da grande mudança residiu neste estágio e na frequência da unidade curricular de Hidráulica Urbana do Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construção Urbana.

Hoje, com os meios que estão disponíveis, é possível afirmar, com toda a certeza, que não há fugas na rede de distribuição de água com origem no sistema público de abastecimento. E, caso a situação se altere, há condições para detetar rapidamente a ocorrência de problemas, avaliar a sua dimensão e, sem hesitação, implementar os procedimentos necessários à sua localização e reparação no menor espaço de tempo possível.

Contudo, o trabalho está inacabado. Há sempre a possibilidade de melhorar o desempenho da rede. A monitorização é um trabalho que deverá ser sempre feito e de modo continuado. E, caso surja um problema, o caminho a percorrer para se obter a solução é agora do nosso conhecimento.

Com tudo isto, é seguro afirmar que hoje o ISEC é muito mais eficiente no que respeita à utilização de recursos hídricos e está definitivamente preparado para continuar a sê-lo!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Axogreen, 2012, http://www.axogreen.fr/4/detection-fuites-eau_735.html (consultado a 16 de dezembro de 2012).
- Bing Maps, 2012, Microsoft (s.d). Obtido de Bing maps.
<http://www.bing.com/maps/#JnE9LmNvaW1icmElN2Vzc3QuMCU3ZXBNLjEmYmI9NTUuNzgxNzYwNTMxMjI0NyU3ZTMxLjYyNzE0MDk5OSU3ZTE2LjM5MjI0MDUyODk3NDclN2UtNTAuMTExMTQwMjUx>.
- Encontrogerações, 2012, <http://encontrogeracoesbnm.blogspot.pt/2011/05/miragem.html> (consultado a 30 de outubro de 2012).
- Gaspar, Rui. Modelação e Jogo no Campus do ISEC, 30 Julho, 2009. <http://www.ruigaspar.pt/?m=200907> (consultado a 1 de novembro de 2012).
- ISA, 2013, ISA - *Intelligent Sensing Anywhere* S.A. (s.d). Coimbra. Portugal. Obtido de <http://itelemetry.isa.pt>.
- Rosar, A. e Murakami, D. T., 2011, Sistemas de Abastecimento de Água, <http://www.o2engenharia.com.br/o2eng/sistemas-de-abastecimento-de-agua> (consultado em 16 de Dezembro de 2012).
- Sondagens Neves, 2012, Relatório de limpeza de captação própria de captação de água subterrânea. Novembro 2010. Coimbra.

ANEXOS

ANEXO I

PEÇAS ESCRITAS

Jardim	Estações		Caudal (m3/h)
Jardim B2	3 estações + 4 estações		
	12	pulverizador 15 van	4,410
	12	pulverizador 15 van+ 18 van	5,220
	10	aspersores série 5000 bico 3	3,540
	14	pulverizadores 15 van	5,880
	14	pulverizadores 15 van	5,880
	11	aspersores série 3500 bico 5x2, 5x3, 1x4	2,430
Jardim A2 e A4	3 estações		
	13	pulverizadores 15 van	5,670
	13	pulverizadores 15 van	5,040
	13	pulverizadores 15 van	3,990
Jardim A3	2 estações		
	11	pulverizadores 15 van	4,410
	12	pulverizadores 15 van	4,410
Jardim B4	1 estação		
	7	pulverizadores 15 van	2,310
Jardim B4 e B5	3 estações		
	13	pulverizadores 18 van	7,500
	13	pulverizadores 18 van	9,300
	17	pulverizadores 18 van	10,800
Jardim A5	2 estações		
	7	aspersores série 5000 bicos de 4	2,330
	7	pulverizadores 18 van	3,900
Jardim B1	3 estações		
	11	pulverizadores 18 van	7,200
	12	pulverizadores 18 van	7,200
	12	pulverizadores 18 van	6,600
Jardim C5	1 estação		
	9	aspersores série 5000 bico de 3	3,510
Jardim C10	1 estação		
	18	pulverizadores 18 van	9,600
Jardim C6	1 estação		
	4	aspersores série 5000 + 1 da série 3500 bico de 2	0,340
Jardim C7	1 estação		
	6	aspersores da série 5000 com bicos de 3	0,590

Jardim C11	2 estações		
	17	pulverizadores 18 van	9,000
	17	pulverizadores 18 van	9,900
Jardim C20	1 estação		
	11	pulverizadores 10 van	2,890
Jardim C19	2 estações		
	15	pulverizadores 15 van	6,300
	8	aspersores da 5000 bico de 3 + 1 da 3500 bico de 2	2,670
Jardim C18	1 estação		
	4	aspersores série 5000 bico de 3	0,590
Jardim C17	3 estações		
	17	pulverizadores 10 van	4,330
	4	1 aspersor da 5000 bico de 3 + 3 da 3500 bico de 2	1,020
Jardim A6	2 estações		
	5	aspersores da série 5000 bico de 3	1,770
	5	aspersores da série 5000 bico de 3	1,770
Jardim C16	3 estações		
	7	pulverizadores 15 van	2,520
	10	aspersores série 3500 bico de 2 + 4 da 5000 e bico 3	2,630
	11	pulverizadores 10 van	6,270
Jardim B8	2 estações		
	18	pulverizadores 15 van	6,720
	10	aspersores série 5000 bico de 3 + da 3500 bico de 2	3,470
Jardim A9	3 estações		
	12	pulverizadores 18 van	6,000
	5	pulverizadores 12 van	
	11	aspersores da 5000 bico 3 + da 5000 bico de 3	2,950
Jardim A10	2 estações		
	32	pulverizadores 15 van	3,150
	10	aspersores da série 3500 com bico de 2	3,400

ANEXO II

PEÇAS DESENHADAS

